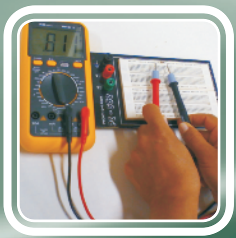
e-Tec Brasil
Escola Técnica Aberta do Brasil

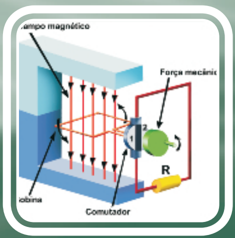
Eletricidade Básica

Filomena Mendes

Curso Técnico em Informática









UTFPR
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
UFMT
Ministério da Educação

e-Tec Brasil
Escola Técnica Aberta do Brasil

Eletricidade Básica

Filomena Mendes

UFMT

Cuiabá-MT
2010

Presidência da República Federativa do Brasil

Ministério da Educação

Secretaria de Educação a Distância

Este caderno foi elaborado em parceria entre a UTFPR e a Universidade Federal de Mato Grosso para o Sistema Escola Técnica Aberta do Brasil – e-Tec Brasil.

Ficha Catalográfica

M538e Mendes, Filomena. Eletricidade Básica./ Filomena Mendes.
Cuiabá: EdUFMT/UFMT, 2010.
67 p. : il. ; color.

ISBN 978-85-61819-78-1

1.Eletricidade Básica. 2.Circuitos de Corrente Contínua. 3.Circuitos Resistivos. 4.Instrumentos de Medição. 5.Aplicações da Eletricidade. I.Título.

CDU 621.3

Apresentação e-Tec Brasil

Prezado estudante:

Bem-vindo ao e-Tec Brasil!

Você faz parte de uma rede nacional pública de ensino, a Escola Técnica Aberta do Brasil, instituída pelo Decreto nº 6.301, de 12 de dezembro 2007, com o objetivo de democratizar o acesso ao ensino técnico público, na modalidade a distância. O programa é resultado de uma parceria entre o Ministério da Educação, por meio das Secretarias de Educação a Distancia (SEED) e de Educação Profissional e Tecnológica (SETEC), as universidades e escolas técnicas estaduais e federais.

A educação a distância no nosso país, de dimensões continentais e grande diversidade regional e cultural, longe de distanciar, aproxima as pessoas ao garantir acesso à educação de qualidade, e promover o fortalecimento da formação de jovens moradores de regiões distantes, geograficamente ou economicamente, dos grandes centros.

O e-Tec Brasil leva os cursos técnicos a locais distantes das instituições de ensino e para a periferia das grandes cidades, incentivando os jovens a concluir o ensino médio. Os cursos são ofertados pelas instituições públicas de ensino e o atendimento ao estudante é realizado em escolas-polo integrantes das redes públicas municipais e estaduais.

O Ministério da Educação, as instituições públicas de ensino técnico, seus servidores técnicos e professores acreditam que uma educação profissional qualificada – integradora do ensino médio e educação técnica, – é capaz de promover o cidadão com capacidades para produzir, mas também com autonomia diante das diferentes dimensões da realidade: cultural, social, familiar, esportiva, política e ética.

Nós acreditamos em você!

Desejamos sucesso na sua formação profissional!

Ministério da Educação
Janeiro de 2010

Nosso contato

etecbrasil@mec.gov.br

Sumário

Palavra do professor-autor

Caro Estudante:

Convido você a participar da disciplina Eletricidade Básica.

É um prazer tê-lo em nossa companhia para estudar este módulo por meio da modalidade a distância. Ele faz parte do Programa e-Tec Brasil, que está inserido no Curso de Técnico em Informática pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Nesta disciplina, você poderá aprender noções básicas de eletricidade e de instrumentos de medição.
O conteúdo será abordado na seguinte ordem:

Unidade I: Circuitos de corrente contínua;
Unidade II: Análise de circuitos resistivos e instrumentos de medição em corrente contínua;
Unidade III: Aplicações da eletricidade.

Na Unidade I: Circuitos de corrente contínua, iremos tratar de tensão, corrente e resistência elétricas.

Na Unidade II, quando falarmos de análise de circuitos resistivos e instrumentos de medição em corrente contínua, você terá oportunidade de conhecer procedimentos para determinar tensões, correntes e potências elétricas em determinado elemento de circuito. Terá também a oportunidade de conhecer os instrumentos utilizados para medir grandezas de corrente contínua.

Na Unidade III, veremos aplicações de eletricidade. Assim, você terá condições de descobrir a importância da eletricidade em seu dia a dia. Esperamos que isso constitua estimulante para você aprofundar sua pesquisa sobre eletricidade.

Os objetivos deste estudo são:

- Identificar os conceitos básicos de resistência, tensão e corrente elétrica.
- aplicar estes conceitos em situações cotidianas;
- utilizar os instrumentos de medição.

Portanto, esperamos que, ao final desta disciplina, você esteja habilitado a identificar os conceitos básicos de eletricidade, suas aplicações cotidianas e os instrumentos de medição.

Palavra do professor-autor

Para que os objetivos sejam alcançados você terá condições de, numa carga de trabalho de 40 horas, participar de oito momentos presenciais para utilizar o laboratório e conhecer, na prática, os conceitos vistos no decorrer das aulas.

Em seu processo avaliativo, você resolverá questões dissertativas e objetivas, fará trabalhos virtuais para que possa avaliar sua aprendizagem.

Então, dedique tempo para fazer a leitura, as atividades e retirar suas dúvidas. Sempre que considerar necessário, volte ao texto, refaça as atividades! Não se limite a este material. Faça pesquisas, converse com professores e colegas. Você verá que aprender é uma interessante aventura!

Bom estudo.

Unidade I

Circuitos de corrente contínua

Nesta unidade, falaremos de circuitos resistivos de corrente contínua.

Inicialmente, apresentaremos os conceitos que constituem os pré-requisitos para entendimento do conteúdo, falaremos de tensão, corrente e resistência elétrica. Depois mostraremos as relações existentes entre estas grandezas elétricas.

Nosso estudo será acompanhado com exemplos e atividades para você exercitar seus conhecimentos.

É importante estudar este conteúdo para que você entenda as aplicações da eletricidade, seja capaz de efetuar e interpretar as medições realizadas.

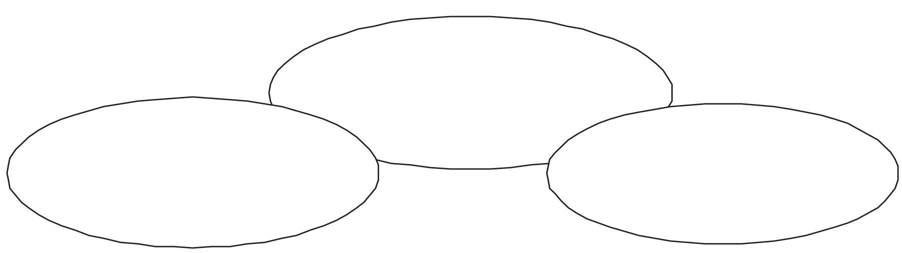
Lembre-se de que os objetivos desta unidade é fazer com que você:

- identifique os conceitos básicos de resistência, tensão e corrente elétrica;
- aplique estes conceitos em situações cotidianas.

Agora, antes de continuar sua leitura, faça a atividade e somente depois prossiga.

Certamente, em algum momento de sua vida você ouviu falar sobre eletricidade, não é?

Escreva em cada um dos círculos exatamente o que lhe vem à cabeça quando lê a palavra "eletricidade":



Realizou a atividade? Então veja se, em sua tentativa, você escreveu algo próximo da definição exposta aqui:

- eletricidade é um fenômeno físico atribuído a cargas elétricas estáticas ou em movimento.

Agora, imagine um país sem energia elétrica? Como seria?



Seria complicada nossa adaptação neste novo estilo de vida, não seria?

A energia elétrica desempenha papel fundamental para o desenvolvimento de um país. Ela movimenta países industrializados, pois permite o funcionamento de computadores, motores, máquinas de lavar roupas, liquidificadores, aparelhos hospitalares, ilumina casas, vias públicas, etc. Com ela podemos nos refrescar no

verão e nos esquentar no inverno.

Quando o assunto é eletricidade, precisamos definir claramente nosso universo de estudo. Portanto, é importante diferenciar eletrostática de eletrodinâmica.

A eletrostática se preocupa com o estudo de carga elétrica em repouso. Trata de temas relacionados com a força de interação entre carga elétrica, carga elétrica elementar, processos de eletrização, descarga elétrica, entre outros.

A eletrodinâmica estuda a carga elétrica em movimento num circuito elétrico. Na eletrodinâmica, os circuitos são classificados em circuitos de corrente contínua (CC) e circuitos de corrente alternada (CA).

Diante do que foi dito, nesta unidade trataremos da eletrodinâmica e, mais ainda, de circuitos de corrente contínua.

1.1 TENSÃO ELÉTRICA E CIRCUITO ELÉTRICO

A tensão elétrica é uma grandeza elétrica, também chamada de ddp (diferença de potencial), fem (força eletromotriz) e queda de tensão.



PARA REFLETIR

Atenção! Nunca chame tensão elétrica de voltagem, porque voltagem é um abuso de linguagem!

Tensão elétrica é a capacidade que a carga elétrica tem de realizar trabalho!

A tensão elétrica é uma grandeza mensurável, ou seja, quando você desejar medi-la, poderá utilizar um instrumento chamado voltímetro. Voltímetro é o nome que se dá ao instrumento utilizado para medir a tensão elétrica.

No sistema internacional (SI), a unidade da tensão elétrica é o volt (V). Então, vamos utilizar a letra V como símbolo da tensão elétrica.

Veja:
Exemplo 1: A tensão elétrica nos terminais de uma resistência elétrica é de 20 volts.

Então escreveremos

$$\overbrace{V}^{\textit{Símbolo}} = 20\ \underbrace{V}_{\textit{unidade}}$$

Até aqui você conseguiu entender o significado de tensão elétrica?

Se ainda não, observe a demonstração de analogia entre líquidos e tensão elétrica por meio desta figura:

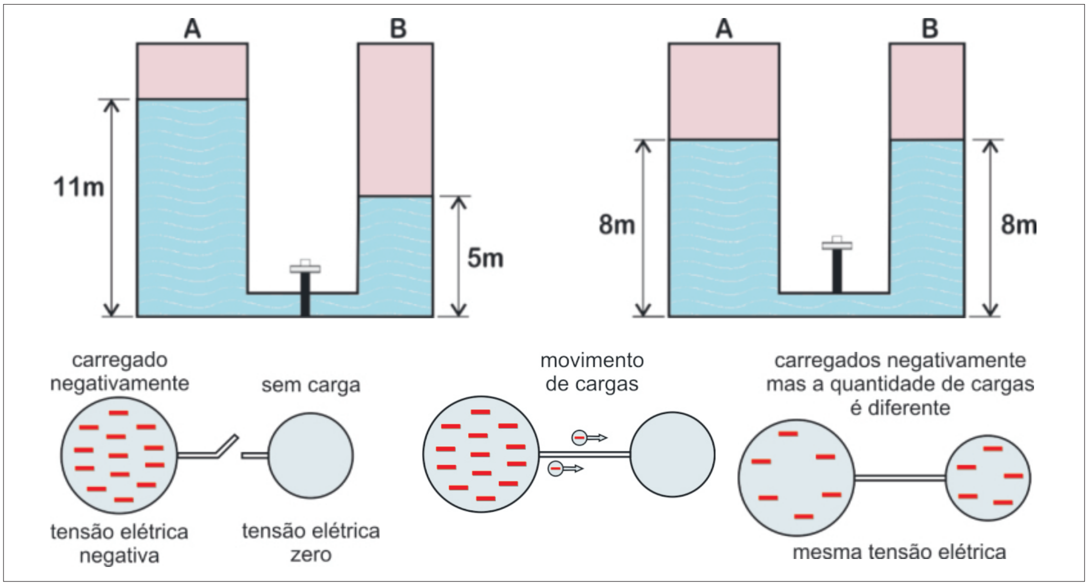


Figura1: Analogia entre líquidos e tensão elétrica

Na Figura 1, quando você abrir a válvula do tanque, haverá deslocamento do líquido até que o nível de líquido em cada reservatório fique na mesma altura.

Mas a quantidade de líquido vai ser diferente, porque um reservatório é maior que o outro. Você concorda?

Agora, ainda observando a Figura 1, quando colocamos um corpo carregado de carga elétrica em contato com outro corpo descarregado, o que você acha que acontece?

Isso mesmo! Haverá deslocamento de cargas elétricas até que a mesma tensão elétrica seja atingida.

Será que a diferença dos corpos pode fazer com que a quantidade de carga elétrica seja diferente em cada um deles?

Vejamos agora o que é um circuito elétrico!

O circuito elétrico é um caminho fechado pelo qual passa a carga elétrica.

Esse caminho é constituído por elementos de circuito (fontes de tensão elétrica, resistores,etc.) e condutores (que são fios elétricos que ligam os elementos de circuito). Veja a figura abaixo:

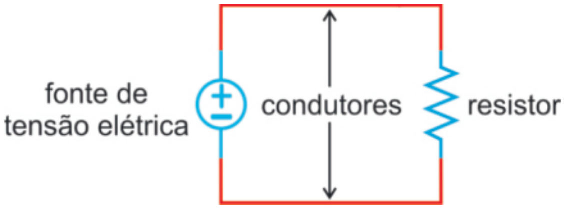


Figura 2: Circuito Elétrico

1.2 CORRENTE ELÉTRICA

Você saberia dizer por que é importante saber o conceito de corrente elétrica?

Isto é importante para que você possa fazer análises de circuito, pois

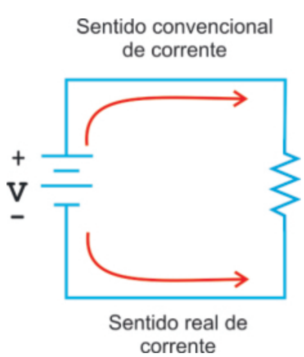
a corrente elétrica é a movimentação ordenada de cargas elétricas num condutor.

Para efeito de análise, a corrente elétrica poderá circular em dois sentidos:

a) sentido real – resultante do movimento de cargas negativas.
b) sentido convencional – resultante do movimento de cargas positivas.

Entretanto, a corrente convencional e a corrente real produzem o mesmo efeito elétrico.

A figura abaixo mostra o sentido da corrente elétrica.



Nesta disciplina, adotamos o sentido convencional de corrente elétrica porque ele é o mais utilizado.

No sistema internacional, a unidade de corrente elétrica é o ampère (A). Utilizaremos a letra i ou I para simbolizar a corrente elétrica. Mas, se você desejar medir a corrente elétrica, poderá utilizar um instrumento chamado amperímetro (veremos isso adiante na unidade 2).

A intensidade da corrente elétrica pode ser determinada através da fórmula:

$$I = \frac{\Delta Q^{\leftarrow carga(C)}}{\Delta t^{\leftarrow tempo(s)}} \quad (1)$$

Onde: Q é a variação da carga em coulombs (C), t é a variação do tempo em segundos.

A partir da fórmula (1), podemos derivar mais duas. Basta aplicarmos regras matemáticas para isolar as variáveis de interesse. Portanto,

- para calcular a variação de tempo (conhecendo os valores de carga e corrente), utilizamos:

$$\Delta t = \frac{\Delta Q}{I}$$

- para calcular a variação da carga (conhecendo os valores de corrente e tempo), utizamos:

$$\Delta Q = I x \Delta t$$

Você saberia dizer para que servem os circuitos elétricos?

As fontes de tensão elétrica ou geradores de tensão são elementos capazes de transformar energia (química, nuclear, térmica, hidráulica) em energia elétrica, mantendo uma diferença de potencial (tensão elétrica) em seus terminais.

Antes de continuar a leitura, verifique se você conhece alguma fonte de tensão elétrica ou gerador de tensão.

Imaginou? Muito bem!

A pilha, a bateria e o gerador são exemplos de fontes de tensão.

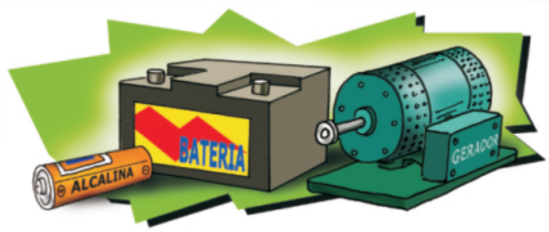
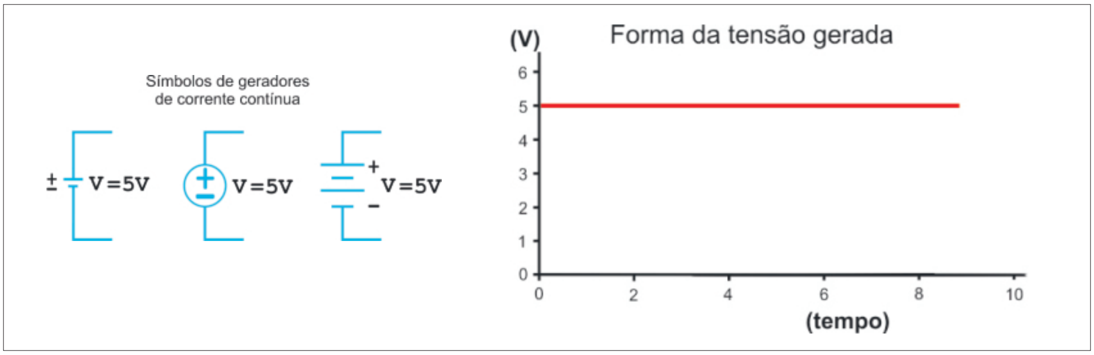


Figura 3: Gerador de tensão contínua

Mas observe que existem dois tipos de gerador: o gerador de tensão de corrente contínua e o gerador de tensão de corrente alternada.



Observe que o gerador de tensão de corrente contínua fornece uma tensão que não varia com o tempo. Ela é constante.

Já o resistor, representa resistência à passagem de corrente elétrica, oferecida, por exemplo, por uma carga. Ele transforma a energia elétrica recebida em outro tipo de energia.

Por exemplo, o resistor transforma energia elétrica em:

a) calor ou energia térmica – no caso do chuveiro elétrico;

b) movimento ou energia mecânica – no caso de motores elétricos;

c) luz – no caso de lâmpadas.

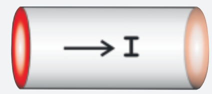
Agora que já conversamos sobre circuito elétrico, fontes de tensão e resistores, você saberia definir corrente elétrica?

Então prossiga até a seção 2 e verifique seus conhecimentos!

PARA REFLETIR

Observe o exemplo!
Problema: Durante 10s, uma seção transversal de um condutor foi atravessada por 0,2C de carga. Qual é a intensidade da corrente, no condutor?

Figura 6: Condutor elétrico



Solução: começaremos coletando os dados do problema.

Dados: $\Delta t = 10s$ $\Delta Q = 0,2C$ $I = ?$

$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$ ou seja $I = \frac{0,2}{10}$ $I = 0,020A$

Se há corrente elétrica, então também pode existir resistência elétrica. Você sabe o que é resistência elétrica ou já ouviu alguém falar sobre o assunto?

Vamos conversar sobre isso!

Você já sabe dirigir?

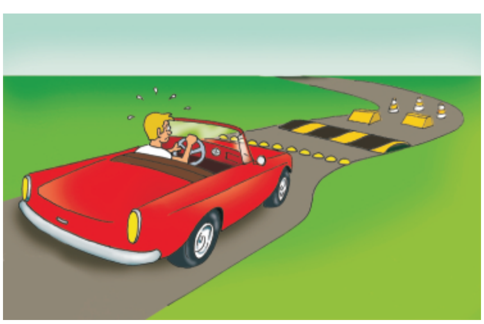


Figura 7

Então, mesmo que não saiba, imagine-se dirigindo um carro de sua preferência.

O que poderá acontecer se, de repente, você deparar com muitos obstáculos, como buraco, árvore caída na pista ou, ainda, outro motorista dirigindo muito lentamente?

Certamente você terá dificuldades para circular, não é mesmo?

Então, da mesma forma, a corrente elétrica não consegue circular facilmente pelo circuito quando depara com uma resistência elétrica.

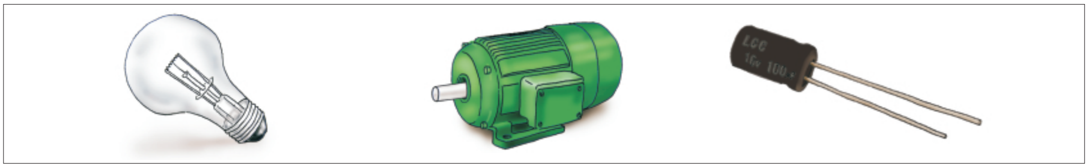
A resistência elétrica é um obstáculo à passagem de corrente elétrica!

A resistência elétrica é a oposição à passagem de corrente elétrica.

Quando você liga uma carga na rede elétrica, ela pode consumir energia. Esta carga pode oferecer resistência à passagem de corrente elétrica.

São exemplos de carga: computador, lâmpada, aparelho de som, entre outros.

Porém, existem basicamente três tipos de cargas:



- Puramente resistivas: dissipam energia. São cargas que podem ser representadas eletricamente por uma resistência. Por exemplo, as lâmpadas e o chuveiro elétrico.
- Puramente indutivas: não dissipam potência, armazenam energia em seu campo magnético. Podem ser formadas por um fio enrolado num núcleo de ferro. Este tipo de carga se opõe à variação de corrente. Os motores elétricos fazem parte desta classe de carga.
- Puramente capacitivas: são cargas capazes de armazenar cargas elétricas. Este tipo de carga se opõe à variação de tensão. São dispositivos formados por duas placas condutoras, separadas por um material isolante.

Vamos voltar um pouquinho?

Você lembra que, para ligarmos os diferentes elementos de circuito, precisamos de fios elétricos?

Estes fios são feitos de material condutor.

Mas nem tudo no mundo é perfeito, não é?

Então, estes fios condutores, na realidade, não são condutores perfeitos, eles vão apresentar certo valor de resistência elétrica.

Mas aqui, nesta disciplina, vamos considerar que nossos fios de conexão são perfeitos condutores elétricos, ou seja, apresentam resistência elétrica zero. Isto facilita a análise do circuito e é geralmente adotado.

No sistema internacional, a unidade de resistência elétrica é o Ohm (Ω). E como símbolo de resistência elétrica utilizaremos a letra R. Novamente, para você medir a resistência elétrica, você pode utilizar um instrumento chamado ohmímetro.

Sempre que você precisar inserir num circuito elétrico uma carga de resistência R, utilize o seguinte desenho:

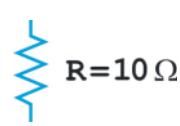


Figura 8: Representação do resistor

Nesse momento, você já está familiarizado com os conceitos de tensão, corrente e resistência elétrica. Logo, vamos falar de algumas relações que envolvem estas grandezas.

Lei de Ohm

A Lei de Ohm nos diz que a relação entre a tensão elétrica aplicada no circuito e a corrente é igual a uma constante chamada resistência elétrica, ou seja:

$R = \frac{V}{I}$

Onde: V é a tensão elétrica em volt (V).
R é a resistência elétrica em Ohms (Ω).
I é a corrente elétrica em Ampère (A).

Convém destacar: esta lei me diz que a resistência é igual à tensão, aquela que surge entre os terminais do resistor, dividida pela corrente que circula neste mesmo resistor.

Veja o exemplo:

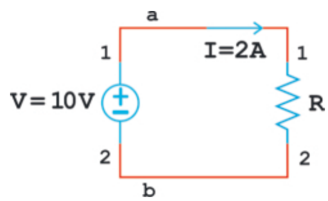


Figura 9:
Representação da lei de Ohm

Observe, na figura 9, que o terminal 1 da fonte de tensão está ligado ao terminal 1 do resistor através do condutor *a*.

Nessa mesma figura, o terminal 2 da fonte de tensão está ligado ao terminal 2 do resistor através do condutor *b*.

Assim, a tensão no resistor é de 10 V e podemos aplicar a lei de Ohm para determinar o valor da resistência elétrica. Assim:

$R = \frac{10}{2} \qquad R = 5\Omega$

Pois, ao inserir mais um resistor no circuito, a tensão elétrica de 10 V já não está (permanecerá) nos terminais 1 e 2 de R porque houve um aumento de carga.

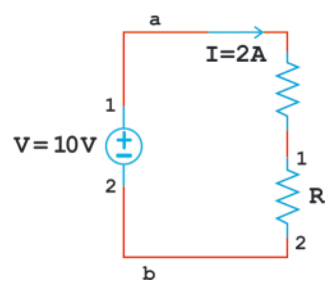


Figura 10:
Representação da lei de Ohm

Partindo da fórmula (2), podemos também derivar duas outras fórmulas:

- Para calcular a tensão (conhecendo a resistência e a corrente) utilizamos: $V = RxI$

- Para calcular a corrente (conhecendo a tensão e a resistência) utilizamos: $I = \frac{V}{R}$



PARA REFLETIR

Veja alguns exemplos:

1. Um fio de cobre, ao ser submetido a uma tensão de 24V, deixa passar uma corrente de 0,2A. Qual é o valor da resistência do fio?

Dados: $V = 24V \qquad I = 0,2A \qquad R = ?$

Como $R = \frac{V}{I}$ então $R = \frac{24}{0,2} \qquad R = 120\Omega$

2. A resistência de um condutor é 20. Calcule a intensidade da corrente quando este condutor for submetido a uma tensão de 9V.

Dados: $R = 20\Omega$ $I = ?$ $V = 9V$

Como: $I = \frac{V}{R}$ então $I = \frac{9}{20}$ $I = 0{,}45A$

3. Uma resistência de 5000 é percorrida por uma corrente de 0,003A. Calcular a tensão nos terminais da resistência?

Dados: $R = 5000\Omega$ $I = 0{,}003A$ $V = ?$

Como: $V = RxI$ então $V = 5000x0{,}003$ $V = 15V$

Agora é com você. Vá ao final desta unidade e resolva a atividade 3.



Para saber mais sobre resistores, leia o texto no final desta disciplina!

Agora que você aprendeu um pouco sobre circuito elétrico, condutores elétricos, corrente elétrica e resistência elétrica, vale a pena aprender também sobre o conceito de potência elétrica. Vamos lá?

1.3 POTÊNCIA ELÉTRICA E ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES

Você já ouviu falar em potência elétrica?

Saberia explicar o que é uma potência elétrica?

Um condutor, quando percorrido por uma corrente elétrica, fica aquecido. Sabe por quê?

O aquecimento é devido ao choque de elétrons livres contra os átomos. Assim, a energia elétrica é transformada em calor. A esta transformação chamamos de efeito Joule ou perda de Joule.

Assim $P = VxI$ (3)

Onde: P é a potência em watts (w).

Comparando com os exemplos anteriores e manipulando a fórmula (3), podemos escrever:

$V = \frac{P}{I}$ $I = \frac{P}{V}$

Lembre-se de que:

V é a tensão elétrica em volt (V).
R é a resistência elétrica em Ohms (Ω).
I é a corrente elétrica em Ampère (A).
P é a potência em watts (W).

Você lembra que $I = \frac{V}{R}$ certo?

Então, se você substituir isto na fórmula (3), pode dizer que: $P = \frac{V}{R}$

Desta última fórmula pode escrever: $R = \frac{V}{P}$ $V = \sqrt{PxR}$

Por outro lado, sabes que $V = RxI$ não é? Ao substituir isto na fórmula (3), também poderá dizer que: $P = RxI$ e assim: $R = \frac{P}{I}$ $I = \sqrt{\frac{P}{R}}$

Você provavelmente está assustado pela quantidade de fórmulas, não é mesmo? Eu estaria. Mas aí vai uma boa notícia. Não precisa decorar todas estas fórmulas. Você já reparou que basta saber uma fórmula, as demais são obtidas aplicando-se regras matemáticas. Sugiro que você treine a manipulação dessas fórmulas.

Observe os exemplos com cálculos de potência:

1. Calcular a potência dissipada em calor quando um resistor de 100 é submetido a uma tensão de 10V.

Dados: $P = ?$ $R = 100\Omega$ $V = 10V$ $P = \frac{V}{R}$

Solução: então $P = \frac{(10)}{100}$ $P = 1W$

2. Um aquecedor de ambiente tem as seguintes especificações, 2000W / 110V.
   a. Calcular a resistência do aquecedor
   b. Calcular a corrente

Dados: $P = 2000W$ $V = 110V$ $R = ?$ $I = ?$

a) $P = \frac{V}{R}$ então $R = \frac{V}{P}$ Solução: $R = \frac{(110)}{2000}$ $R = 6{,}05\Omega$

b) $P = VI$ então $I = \frac{P}{V}$ Solução: $I = \frac{2000}{110}$ $I = 18{,}18A$

Agora, para você verificar sua aprendizagem, vá ao final desta unidade e resolva a atividade 4.

Depois de ter feito suas atividades, vamos avançar no assunto sobre resistores!

Você sabia que os resistores podem ser conectados de diferentes formas? Vamos ver como isso acontece em **Associação de Resistores.**

Dois ou mais resistores podem ser associados numa configuração: série, paralela e mista. Certo?

Quando temos uma associação de resistores, podemos substituir esta associação por um único resistor denominado resistor equivalente (R_E).

Vamos conversar mais sobre este assunto?

Observe a figura abaixo. Nela, dois resistores estão ligados em série, porque apenas um de seus terminais está ligado pelo mesmo fio. Eles estão soldados. Essa é uma associação série de dois resistores!

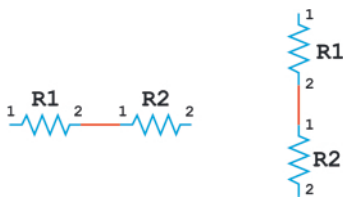


Figura 12: Associação série de dois resistores

Mas podemos ter também associação série de vários resistores!
Veja a figura abaixo:



Figura 13:
Associação série de resistores

O circuito mostrado na Figura 13-a vai ajudar você para citar as características de uma associação série de resistores:

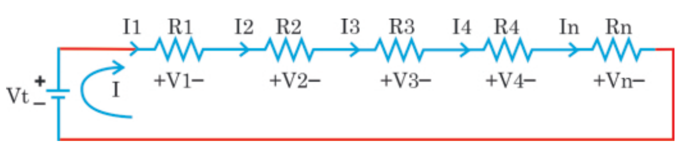


Figura 13-a:
Associação de resistores

1. Todos os resistores são percorridos pela mesma corrente I (como a corrente não tem outro caminho, de fuga, ela fica circulando pelo circuito). Imagina um cano de água com o formato mostrado pela figura 13-a: no terminal positivo de V_t você liga uma torneira. Então a água vai circular pelo circuito todo. Analogamente, todos os resistores serão percorridos pela mesma corrente elétrica): $I = I_1 = I_2 = I_3 = I_4 = \cdots = I_n$

Observe: I_1 é a corrente que atravessa o resistor R_1;
I_2 é a corrente que atravessa o resistor R_2, e assim sucessivamente.

2. A tensão total V_t é igual à soma das tensões que surgem nos terminais de cada resistor: $V_t = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + \cdots = V_n$

Assim: V_1 é a tensão nos terminais do resistor R_1;
V_2 é a tensão nos terminais do resistor R_2, e assim sucessivamente.

3. A potência total é a soma das potências individuais dissipadas em cada resistor:

$P_t = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + \cdots = P_n$

4. O resistor equivalente tem resistência igual à soma das resistências individuais da associação série: $R_E = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + \cdots = R_n$

Onde: R_1 é a resistência do resistor_1;
R_2 é a resistência do resistor_2, e assim sucessivamente.

Você observou que o circuito da Figura 13-a é extenso? Será que há possibilidade de torná-lo mais curto?

Isso é possível por meio da resistência equivalente, ou seja, através da soma de resistências individuais. O mais interessante disso é que o efeito causado pelos dois circuitos é o mesmo!

Com isso, o circuito enorme da Figura 13-a pode ser substituído pelo circuito abaixo (que é menor, apresenta apenas um resistor, e causa o mesmo efeito que o causado pelo circuito da Figura 13).

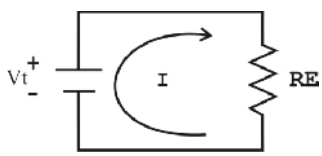


Figura 14: Circuito equivalente

Então é importante que você saiba que, na associação série de resistores temos mesma corrente, soma de tensões, soma de potências e soma de resistências.

Veja:

1. Dois resistores $R_1 = 4$ e $R_2 = 6$ são ligados em série. Uma tensão de 50 V é aplicada na associação. Pede-se:
    a. O resistor equivalente?
    b. A tensão e a corrente nos resistores?
    c. A potência dissipada no resistor equivalente?

Dados: $R_1 = 4\Omega$ $R_2 = 6\Omega$ Ligação série $V_t = 50V$ $R_E = ?$ $V_1 = ?$
$V_2 = ?$ $I_1 = ?$ $I_2 = ?$ $P_{RE} = ?$

Desenhar ajuda muito.

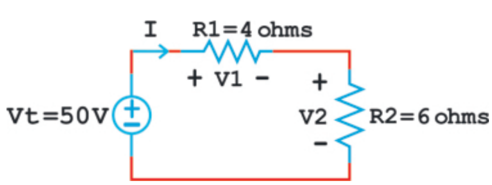


Figura 15: Circuito série

$R_E = R_1 + R_2$ $R_E = 4 + 6$ $R_E = 10\Omega$

Então, o circuito equivalente é:

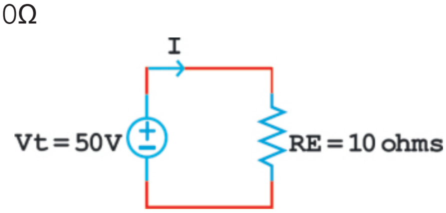


Figura 16: Circuito equivalente

Você se lembra da lei de Ohm, não é? Então, aplicando esta lei no circuito da Figura 16, temos:

$I = \frac{V}{R}$ $I = \frac{50}{10}$ $I = 5A$ Assim $I_1 = 5A$ $I_2 = 5A$

Agora, observe a Figura 15. Você já conhece o valor de I (vale 5A). Então, para calcular V_1 e V_2 , basta aplicar a lei de Ohm: $V_1 = 20V$

$V_2 = R_2 \times I_2$ $V_2 = 6x5$ $V_2 = 30V$

Observando a Figura 16 e sabendo que: $P_{RE} = V \times I$ temos $P_{RE} = 50x5$ $P_{RE} = 250W$

Essa potência poderia ser obtida por outro caminho: calculando P_1 e P_2 e depois somando.

2. Quatro resistores $R_1 = 10\Omega$, $R_2 = 20\Omega$, $R_3 = 40\ \Omega$, $R_4 = 80\Omega$ estão ligados em série. Sabendo que a tensão é de 20V em R_3, calcule:

a. O resistor equivalente?
b. A tensão dos resistores?
c. A potência dissipada na associação?

Dados: $R_1 = 10\Omega$ $R_2 = 20\Omega$ $R_3 = 40\Omega$ $R_4 = 80\Omega$ Ligação série $V_3 = 20V$

$R_E = ?$ $V_1 = ?$ $V_2 = ?$ $V_4 = ?$ $P_{RE} = ?$

Vamos desenhar o circuito?

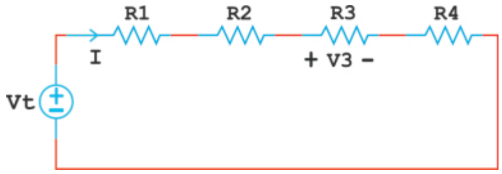


Figura 17: Circuito série

$R_E = R_1 + R_2 + R_3 + R_4$ $R_E = 10 + 20 + 40 + 80$ $R_E = 150\Omega$

Pela lei de Ohm temos: $I_3 = \frac{V_3}{R_3}$ $I_3 = \frac{20}{40}$ $I_3 = 0{,}5A$ Assim $I = I_1 = I_2 = I_3 = I_4 = 0{,}5A$

Ainda pela lei de Ohm podemos dizer que:

$$\begin{cases} V_1 = I_1 x R_1 \\ V_2 = I_2 x R_2 \\ V_4 = I_4 x R_4 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} V_1 = 0{,}5x10 \\ V_2 = 0{,}5x20 \\ V_4 = 0{,}5x80 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} V_1 = 5V \\ V_2 = 10V \\ V_4 = 40V \end{cases}$$

Vamos calcular as potências individuais:

$$\begin{cases} P_1 = V_1\ x I_1 \\ P_2 = V_2\ x I_2 \\ P_3 = V_3\ x I_3 \\ P_4 = V_4\ x I_4 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} P_1 = 5x0{,}5 \\ P_2 = 10x0{,}5 \\ P_3 = 20x0{,}5 \\ P_4 = 40x0{,}5 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} P_1 = 2{,}5W \\ P_2 = 5W \\ P_3 = 10W \\ P_4 = 20W \end{cases}$$

$P_{RE} = P_1 + P_2 + P_3 + P_4$ $P_{RE} = 2{,}5+5+10+20$ $P_{RE} = 37{,}5W$

Agora, pare um pouco, descanse. Assim que puder, continue.

Depois de ter descansado, que tal falarmos um pouco sobre associação paralela de resistores?

Na associação paralela de dois resistores, une-se o terminal 1 de R_1 com o terminal 1 de R_2 e o terminal 2 de R_1 com o terminal 2 de R_2.

Veja a figura abaixo:

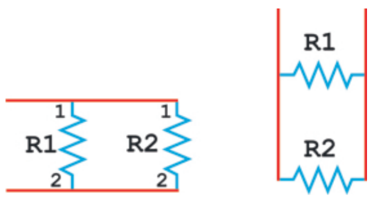


Figura 18: Circuito paralelo

Para você estudar esta associação, considere o circuito da Figura 19 abaixo:

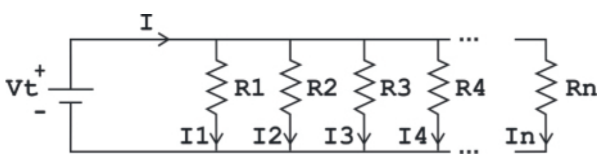


Figura 19:
Associação paralela de resistores

Uma associação paralela de resistores apresenta as seguintes características:

1. Todos os resistores apresentam a mesma tensão (porque a fonte de tensão está conectada nos terminais 1 e 2 de cada resistor): $V_t = V_1 = V_2 = V_3 = \cdots = V_n$

2. A corrente total é a soma das correntes em cada resistor (porque I_t apresenta vários caminhos de fuga, descendo pelo resistor. Se você construir um cano no formato da Figura 19 e se você ligar uma torneira no terminal positivo de V_t , a água vai ficar se dividindo, descendo pelos resistores. O mesmo ocorre com a corrente elétrica: $I_t = I_1 + I_2 + I_3 + \cdots + I_n$

3. A potência total é a soma das potências individuais dissipadas em cada resistor:

$P_t = P_1 + P_2 + P_3 + \cdots + P_n$

4. O inverso da resistência equivalente é igual à soma do inverso das resistências:

$$\frac{1}{R_E} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \cdots \frac{1}{R_n}$$

Diante do que foi dito, podemos representar o circuito da Figura19 de uma forma mais simples, como mostra a Figura 14.

Portanto, associação paralela de resistores apresenta mesma tensão, soma as correntes, soma as potências. Especificamente para dois resistores em paralelo, temos:

$$R_E = \frac{R_1 \text{ x } R_2}{R_1 + R_2}$$

Veja:

1. Os resistores $R_1 = 10\Omega$, $R_2 = 20\Omega$, $R_3 = 30\Omega$ estão associados em paralelo. Calcule o valor do resistor equivalente?

Dados: $R_1 = 10\Omega$ $R_2 = 20\Omega$ $R_3 = 30\Omega$ Ligação paralela R_E = ?

Podemos aplicar diretamente a fórmula:

$$\frac{1}{R_E} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad \frac{1}{R_E} = \frac{1}{10} + \frac{1}{20} + \frac{1}{30} \quad \frac{1}{R_E} = 0{,}183 \rightarrow R_E = \frac{1}{0{,}183} \quad R_E = 5{,}46\Omega$$

Outra maneira de resolver este problema é agrupando os resistores de dois em dois.

Veja a figura abaixo:

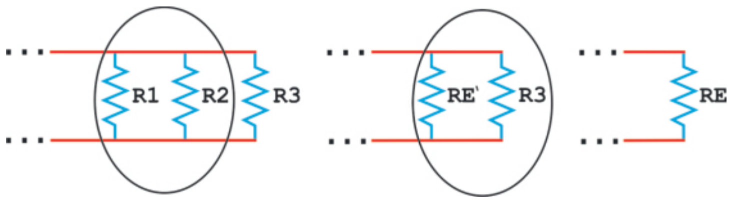


Figura 20: Associação paralela de resistores

Como R_1 e R_2 estão em paralelo (geram uma resistência equivalente que ainda não é a final), podemos escrever:

$$R_{E'} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} \quad R_{E'} = \frac{10x20}{10+20} \quad R_{E'} = 6{,}67\Omega$$

Esta nova resistência $R_{E'}$ está em paralelo com R_3. Logo, podemos dizer que:

$$R_E = \frac{R_{E'} x R_3}{R_{E'} + R_3} \quad R_E = \frac{6{,}67x30}{6{,}67+30} \quad \rightarrow \quad R_E = 5{,}46\Omega$$

Agora, para exercitar seus conhecimentos, resolva a atividade 6 ao final desta unidade!

Para finalizar esta unidade, estudaremos o conceito de associação mista.

Na associação mista, existem resistores ligados em série e também resistores ligados em paralelo. Não existe uma fórmula fechada para calcular a resistência equivalente da associação mista.

Quando você desejar simplificar um circuito com associação mista, resolva as associações série e paralela individualmente. Depois, repita a operação até encontrar um único valor de resistência.

Veja:

1. Calcule a resistência equivalente entre A e B.

Onde: $R_1 = 40\Omega$ $R_2 = 60\Omega$ $R_3 = 24\Omega$ $R_4 = 18\Omega$ $R_5 = 20\Omega$ $R_6 = 5\Omega$

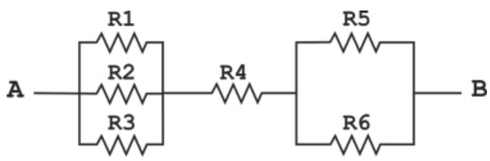


Figura 23: Circuito resistivo

Você reparou que R_1 e R_2 estão ligados em paralelo, certo? Então $R_{E'} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$

$R_{E'} = \frac{40x60}{40+60}$ $R_{E'} = 24\Omega$ e esta última está em paralelo com R_3 gerando

$R_{E''} = \frac{R_{E'} x\, R_3}{R_{E'} + R_3}$ $R_{E''} = \frac{24x24}{24+24}$ $R_{E''} = 12\Omega$

Por outro lado, R_5 e R_6 estão ligados em paralelo, então

$R_{E'''} = \frac{R_5 \times R_6}{R_5 + R_6}$ $R_{E'''} = \frac{20x5}{20+5}$ $R_{E'''} = 4\Omega$

Agora o circuito anterior pode ser redesenhado como:

a) 

b) 

Figura 24: Circuito resistivo

Observando a Figura 24 (a), você percebe que os resistores estão ligados em série.

Então: $R_E = R_{E''} + R_4 + R_{E'''}$ $R_E = 12+18+4$ $R_E = 34\Omega$

Logo, o circuito pode ser representado como na Figura 24 (b).
Exemplo 14: Calcule a resistência equivalente entre A e B no circuito abaixo.

Onde: $R_1 = 10\Omega$ $R_2 = 20\Omega$ $R_3 = 30\Omega$

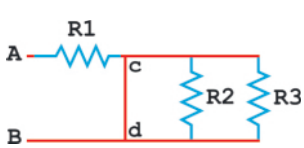


Figura 25: Circuito resistivo

R_2 e R_3 estão ligados em paralelo, certo? Então $R_{E'} = \frac{R_2 x\, R_3}{R_2 + R_3}$ $R_{E'} = \frac{20x30}{20+30}$

$R_{E'} = 12\Omega$ e esta última está em paralelo com o condutor cd que apresenta resistência nula. Logo,

$R_{E''} = \frac{R_{E'} x\, 0}{R_{E'} + 0}$ $R_{E''} = 0\Omega$

que, por sua vez, estará em série com R_1. Então $R_E = R_1 + R_{E''}$ $R_E = 10+0$ $R_E = 10\Omega$

Então, basta você desconsiderar R_2 e R_3 (por estarem em paralelo com um condutor de resistência nula) para obter $R_E = R_1$.

Agora, é com você. Vá ao final desta unidade e resolva a atividade 7!

RESUMINDO

Nesta unidade, conversamos sobre os conceitos básicos de eletricidade. Você teve oportunidade de conhecer os conceitos de tensão, corrente e resistência.

Você viu que eletricidade é um fenômeno físico atribuído a carga elétrica estática ou em movimento. Viu também que, no estudo de eletricidade, existe a eletrostática (estudo de carga elétrica em repouso) e a eletrodinâmica (estudo de carga elétrica em movimento).

Além disso, você estudou que tensão elétrica é a capacidade que a carga elétrica tem de realizar trabalho, que circuito elétrico é um caminho fechado pelo qual passa a carga elétrica. Ainda, que corrente elétrica é a movimentação ordenada de carga elétrica num condutor, e a unidade de medida da corrente elétrica é o ampère (A).

Você teve oportunidade de estudar as fórmulas para calcular variação do tempo e variação da carga.

Estudou que resistência elétrica é a oposição à passagem de corrente elétrica e que a Lei de Ohm diz que a relação entre tensão elétrica aplicada no circuito e a corrente é igual a uma constante chamada resistência elétrica. Também viu que a tensão elétrica é medida em volt (V), a resistência elétrica em Ohm (Ω) e a corrente elétrica é medida em ampère (A).

Você estudou conceitos básicos de potência elétrica e associação de resistores, ou seja, a transformação de energia elétrica em calor e as variadas associações de resistores. Durante todo esse percurso, você contou com exemplos e pôde exercitar seu conhecimento resolvendo as atividades. Agora é hora de você ir para a Unidade II: análise de circuitos resistivos e instrumentos de medição em corrente contínua.

Vamos lá?



RESISTORES

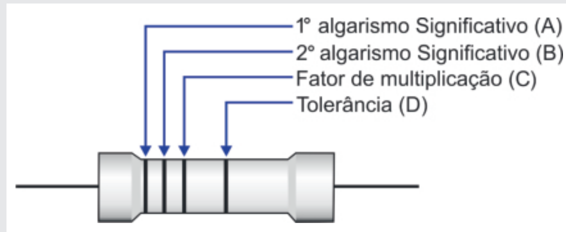
Resistores são elementos passivos, com dois terminais, construídos para apresentar resistência elétrica entre dois pontos de um circuito. O material utilizado para a fabricação de resistores são: carbono (grafite), ligas (constatan, manganina) e metais. É muito importante saber que resistor é um componente (elemento de circuito), e resistência elétrica é um fenômeno físico.

Como o resistor apresenta dimensão pequena, o valor da resistência escrita ao longo de seu corpo é de difícil leitura. Para superar este problema, utiliza-se codificação através de faixas coloridas. Assim surgiu o código de cores. Este código segue a tabela abaixo:

*	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Cor	prata	ouro	preto	marrom	vermelho	laranja	amarelo	verde	azul	violeta	cinza	branco
Tolerância	10%	5%		1%	2%			0,5%	0,25%	0,1%		

Tabela 1: Código de cores

Para você entender a tabela do código de cores, considere a figura abaixo:



Quando você estiver segurando um resistor, observe sua faixa de cores. A primeira cor corresponde ao dígito A, a segunda cor corresponde ao dígito B, a terceira ao C e a quarta cor (aquela mais afastada) ao D. Assim, o valor da resistência do resistor será:

$R = ABx10^{C} \pm D\%$ $\quad R_n = ABx10^{C}$ $\quad faixa = ABx10^{C} + D\,\%\,\grave{a} ABx10^{C} - D\,\%$

Onde: R_n é a resistência nominal em Ω.

Quando alguém fabrica um resistor, ele o faz para apresentar uma resistência nominal (é o valor mais provável de resistência). Entretanto, quando você medir a resistência, pode encontrar um valor diferente do nominal. Mas seu valor medido estará dentro da faixa de valores permissíveis.

Você entendeu? Vamos ver um exemplo?
Exemplo 6: Dado um resistor com faixa colorida: amarelo – violeta – marrom – ouro, determinar a resistência nominal e a faixa de valores possíveis de resistência.

Solução: começe coletando os dados do problema.

Dados: A = amarelo B = violeta C = marrom D = ouro R_n = ? faixa = ?

Consultando a tabela 1, temos: A = amarelo → 4 B = violeta → 7
C = marrom → 1 D = ouro → 5%

Funciona assim: entre com a cor A na segunda linha da tabela, anote o número que está acima desta cor. Repita para a cor B e C. Repita para a cor D, mas agora anote o número que está abaixo desta cor. Assim,

$R = 47x10^{1} \pm 5\%$ $\quad R_n = 47x10^{1} \rightarrow R_n = 470\Omega$

$faixa = 470 + 5\%\grave{a}470 - 5\%$ $\quad faixa = 470 + 23{,}5\grave{a}470 - 23{,}5$ $\quad faixa = 493{,}5\grave{a}446{,}5\Omega$

Então, para este resistor, o valor de resistência provável é 470. Mas poderá encontrar um valor entre 493,5 à 446,5Ω.

Agora é com você.

Atividade

1) Para o resistor de faixa colorida: vermelho / vermelho / vermelho / prata, determinar a resistência nominal e a faixa de valores possíveis de resistência.

2) Qual é a resistência nominal de um resistor com faixas coloridas na ordem de verde-azul-amarelo-dourado.

3) Qual é a faixa de resistência para um resistor de 86000 com tolerância de 5%?



ATIVIDADES DE APRENDIZAGEM

3. Verifique seu conhecimento sobre resistência elétrica respondendo às questões abaixo:
   a) O que é resistência elétrica?
   b) Um fio de cobre, ao ser submetido a uma tensão de 12V, deixa passar uma corrente de 0,2A. Determinar a resistência do fio?
   c) Qual é a resistência de um ferro de soldar que solicita 0,40A em 127V?
   d) A resistência de um condutor é 20Ω. Calcule a corrente no condutor quando este for submetido a uma tensão de 9V?
   e) Qual é a corrente que atravessa a resistência de aquecimento de um chuveiro elétrico, quando esta apresenta um valor de 13,83Ω e está sujeita a uma tensão de 220V?
   f) Qual é a corrente que atravessa a resistência de aquecimento de um ferro de passar roupa, quando esta apresenta um valor de 10,75Ω e está sujeita a uma tensão de127V?
   g) A resistência de um condutor é 20000Ω. Calcular a tensão aplicada se a corrente tiver intensidade igual a 0,0012A.

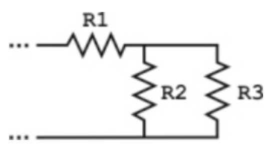
4. Sobre potência elétrica, resolva a atividade abaixo:
   a) Uma lâmpada tem as seguintes especificações: 120V/60W. Calcular:
      1. Intensidade da corrente elétrica que a percorre

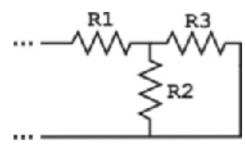
5. A resistência da lâmpada em funcionamento
   b) Qual é a corrente que percorre uma lâmpada de 100W / 127V?
   c) Qual é a resistência de uma lâmpada de 100W / 127V?
   d) Por uma lâmpada circula uma corrente de 0,272ª, e sua tensão é de 220 V. Calcule sua potência e sua resistência?
   e) Calcule a resistência interna de um aquecedor de água de 2000W que solicita 8,33A.
   f) Calcule a potência dissipada em calor quando um resistor de 560Ω é submetido a uma tensão de 12 V.
   g) Calcule o valor ôhmico de uma resistência de chuveiro elétrico que dissipa 5000W quando a tensão aplicada é de 127 V.
   h) Qual é a corrente através da resistência de aquecimento de um chuveiro elétrico de potência 2500W / 127 V?

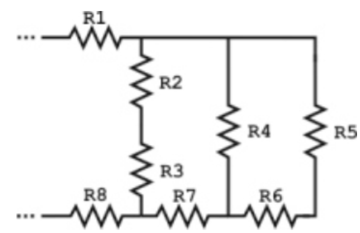
i) Um ferro de soldar tem as especificações 250W / 110 V. Calcule a intensidade de corrente que o percorre.

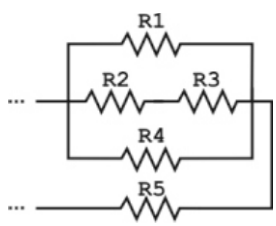
6. Sobre resistores associados em paralelo, responda às atividades:

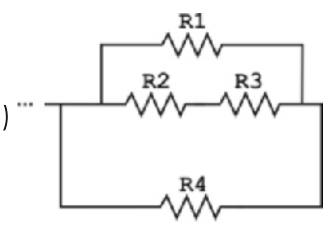
a) Quais resistores estão associados em paralelo?

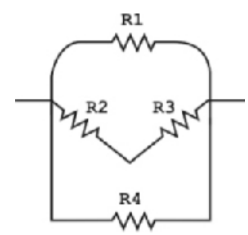
a) 

b) 

c) 

d) 

e) 

f) 

b) Determine as resistências equivalentes dos circuitos abaixo:

1. Circuito paralelo: $V_t = 3V$ $R_1 = 100\Omega$ $R_2 = 150\Omega$ $R_3 = 60\Omega$

2. Circuito paralelo: $V_t = 12V$ $R_1 = 100\Omega$ $R_2 = 150\Omega$ $R_3 = 100\Omega$ $R_4 = 150\Omega$

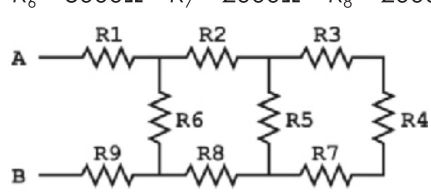
c) Os resistores $R_1 = 5\Omega$, $R_2 = 40\Omega$, $R_3 = 60\Omega$, $R_4 = 120\Omega$ estão ligados em paralelo. Sabendo que a $I_4 = 0{,}5^a$, calcule:

a. O resistor equivalente.
b. A tensão aplicada.
c. A corrente em todos os resistores.
d. A potência dissipada nos resistores e no resistor equivalente.

7. Sobre resistência equivalente, resolva:

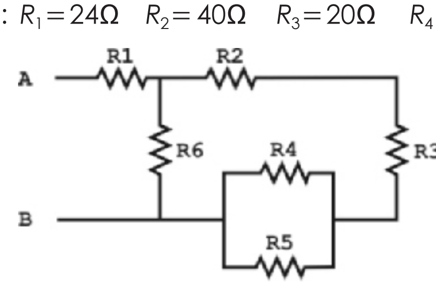
a) Calcule a resistência equivalente entre A e B.

Onde: $R_1 = 1000\Omega$ $R_2 = 2000\Omega$ $R_3 = 1000\Omega$ $R_4 = 3000\Omega$ $R_5 = 3000\Omega$ $R_6 = 3000\Omega$ $R_7 = 2000\Omega$ $R_8 = 2000\Omega$ $R_9 = 1000\Omega$

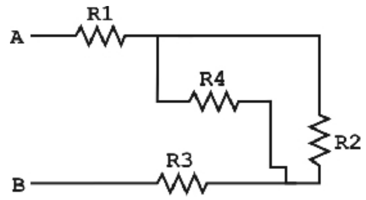


b) Calcule a resistência equivalente entre A e B.

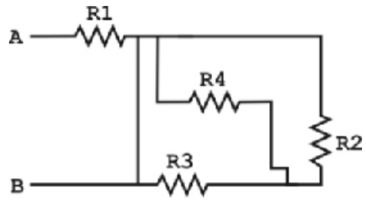
Onde: $R_1 = 24\Omega$ $R_2 = 40\Omega$ $R_3 = 20\Omega$ $R_4 = 30\Omega$ $R_5 = 60\Omega$ $R_6 = 20\Omega$



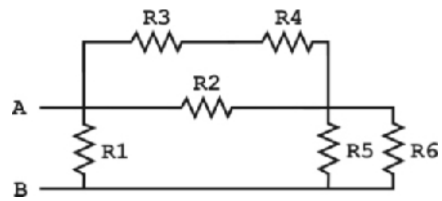
c) Calcule a resistência equivalente entre A e B.
Onde: $R_1 = 700\Omega$ $R_2 = 180\Omega$ $R_3 = 500\Omega$ $R_4 = 250\Omega$



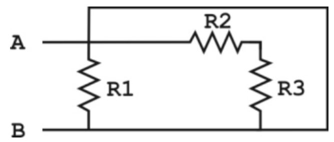
d) Calcule a resistência equivalente entre A e B.
Onde: $R_1 = 700\Omega$ $R_2 = 180\Omega$ $R_3 = 500\Omega$ $R_4 = 250\Omega$



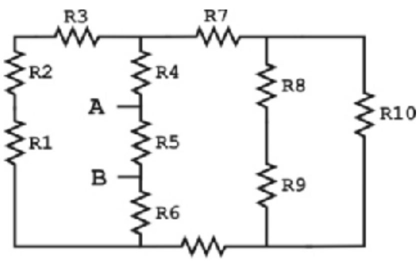
e) Calcule a resistência equivalente entre A e B, no circuito abaixo.
Onde: $R_1 = 50\Omega$ $R_2 = 50\Omega$ $R_3 = 25\Omega$ $R_4 = 25\Omega$ $R_5 = 50\Omega$ $R_6 = 50\Omega$



f) Calcule a resistência equivalente entre A e B, no circuito abaixo.
Onde: $R_1 = 10\Omega$ $R_2 = 5\Omega$ $R_3 = 5\Omega$



g) Calcule a resistência equivalente entre A e B, no circuito abaixo.
Onde: $R_1 = 20\Omega$ $R_2 = 30\Omega$ $R_3 = 50\Omega$ $R_4 = 20\Omega$ $R_5 = 150\Omega$ $R_6 = 20\Omega$
$R_7 = 40\Omega$ $R_8 = 30\Omega$ $R_9 = 70\Omega$ $R_{10} = 150\Omega$ $R_{11} = 50\Omega$



Unidade II

Análise de circuitos resistivos e instrumentos de medição em corrente contínua

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- reforçar a análise de circuitos resistivos de corrente contínua;
- apresentar os instrumentos para medir grandezas de corrente contínua.

Introdução

Inicialmente, você vai aprender duas leis robustas para análise de circuitos: a lei de tensão e a lei de corrente de Kirchhoff. Posteriormente, você vai aprender uma técnica básica de análise de circuito que se apoia nas associações de resistores que já estudamos na unidade 1. Em seguida, falaremos dos instrumentos de medição de tensão, corrente e resistência elétrica.

Mas você pode perguntar: por que desperdiçar energia aprendendo como calcular grandezas elétricas se elas podem ser medidas? Ora, quando você realiza medições, vários erros podem ocorrer. Estes erros são classificados em grosseiros (causados por falha do operador), sistemáticos (relacionados com deficiência do método com imperfeições na construção e aferição do aparelho) e acidentais (erros variáveis). Portanto, é interessante o cálculo teórico de grandezas elétricas.

Para facilitar o aprendizado sugiro que você leia a teoria, acompanhe os exemplos e depois faça as atividades propostas. Não deixe de comparar seus resultados com aqueles expostos no final de cada unidade.

É importante estudar este conteúdo para que você adquira habilidade de análise e interpretação de circuitos elétricos resistivos de corrente contínua, e para que você possa entender as aplicações da eletricidade.

Técnicas mais robustas de análise de circuito, como análise nodal e análise de malha, não serão vistas aqui.

Em razão disso, começaremos falando da análise de circuitos resistivos.

Resolução de circuito misto

O objetivo desta seção é apresentar as leis de Kirchhoff e uma das técnicas empregadas na análise de circuitos.

Para você entender as leis de Kirchhoff, vamos definir alguns termos.

- Nó: é a junção de dois ou mais elementos de circuito.
- Malha: é o caminho definido pelos elementos de circuito, ou seja, são as "janelas" ou, se você preferir, as malhas são os retângulos formados pelos elementos de circuito.

Veja um exemplo disso.

Exemplo 1: quantos nós e quantas malhas existem no circuito seguinte?

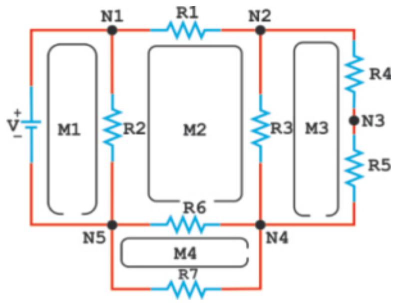


Figura 1: Nós e malhas

Temos as malhas: M_1, M_2, M_3, M_4. Portanto, temos quatro malhas no circuito.

Temos os nós: N_1 (que une o terminal da fonte com os terminais de R_1 e de R_2), N_2 (que une os terminais de R_1, R_3 e R_4), N_3 (que une os terminais de R_4 e R_5), N_4 (que une os terminais de R_3, R_5, R_6 e R_7) e N_5 (que une o terminal da fonte com os terminais de R_2, R_6 e R_7). Logo, o circuito apresenta cinco nós.

Vale lembrar que entre dois nós <u>devem existir</u> elementos de circuito. Na Figura 2-a) abaixo, N_2 não existe, pois entre N_2 e N_3 não existe elemento de circuito. No circuito abaixo só existem, então, uma malha e dois nós.

Entretanto, a representação dos nós <u>não é única</u>. Você pode representar os nós de diversas formas. As Figuras 2-b), 2-c), 2-d) e 2-e) mostram opções de representação do mesmo nó.

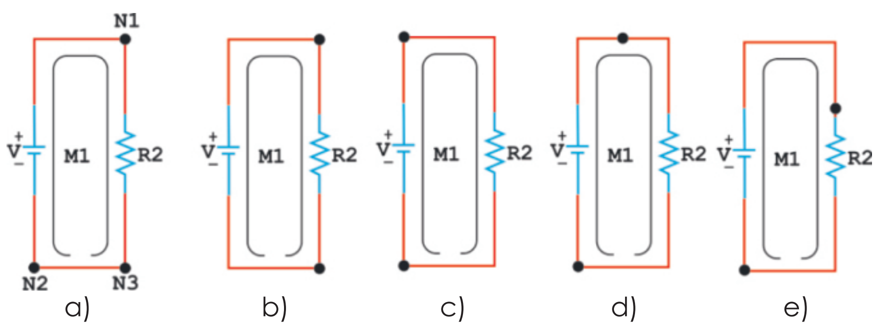


Figura 2: Representação de nós

Lei de corrente de Kirchhoff: a soma das correntes que chegam ao nó é igual à soma das correntes que saem deste mesmo nó.

Esta lei é também conhecida como lei dos nós. Vamos exemplificar?

Exemplo 2: para os circuitos abaixo I_2 = 2A, I_3 = 3A, I_4 = 4ª, determinar o valor da corrente I_1 .

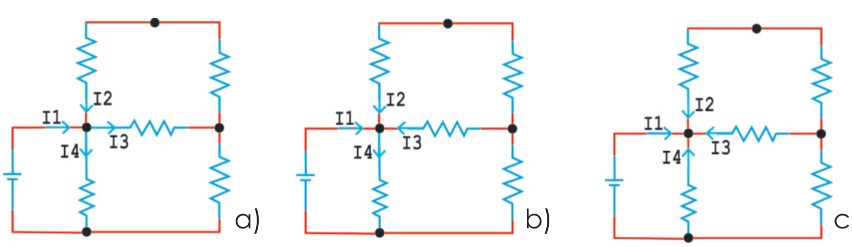


Figura 3: Lei de corrente de Kirchhoff

Vamos aplicar a lei de corrente de Kirchhoff para determinar os valores de corrente:

- Figura 3-a): I_1 e I_2 estão entrando no nó porque apontam para o nó. Já I_4 e I_3 saem deste mesmo nó porque apontam para fora do nó.

Então: $\underbrace{I_1 + I_2}_{entram} = \underbrace{I_3 + I_4}_{saem}$ logo $I_1 = I_3 + I_4 - I_2$ ou seja $I_1 = 3 + 4 - 2$ $I_1 = 5A$

- Figura 3-b): I_1, I_2 e I_3 estão entrando no nó. Já I_4 sai deste mesmo nó.

Então: $\underbrace{I_1 + I_2 + I_3}_{entram} = \underbrace{I_4}_{sai}$ logo, $I_1 = I_4 - I_2 - I_3$ ou seja $I_1 = 4-2-3$ $I_1 = -1A$

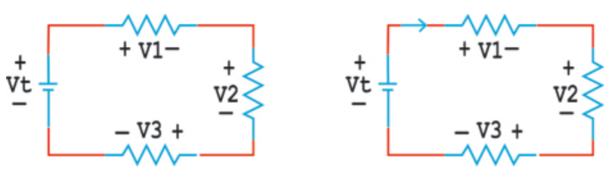
- Figura 3-c): todas as correntes entram no nó. Nenhuma corrente sai deste nó.

Então: $\underbrace{I_1 + I_2 + I_3 + I_4}_{entram} = \underbrace{0}_{sai}$ logo, $I_1 = I_2 - I_3 - I_4$ ou seja $I_1 = -2-3-4$ $I_1 = -9A$

Lei de tensão de Kirchhoff: a soma das tensões numa malha é igual a zero.

Esta lei também é conhecida como lei das tensões ou lei das malhas. Para exemplificar, veja o exercício abaixo.

Exemplo 3: para o circuito abaixo a tensão V_2. $V_t = 12V$ $V_1 = 2V$ $V_3 = 3V$, determinar



a) b)

Figura 4:
Lei de tensão de Kirchhoff

Note que V_t é a tensão na fonte. Então, a corrente elétrica flui do terminal negativo de V_t para seu terminal positivo (como mostra a Figura 4–b). Assim, a corrente circula pelo circuito no sentido horário.

A polaridade (positivo, negativo) das tensões no resistor segue a seguinte regra: o terminal do resistor pelo qual a corrente entra é positivo. O terminal deste mesmo resistor pelo qual a corrente sai é negativo. Assim, V_1, V_2 e V_3 têm as polaridades como indica a Figura 4.

Vamos aplicar a lei de tensão de Kirchhoff para determinar as tensões: precisamos percorrer o circuito uma <u>única vez</u> e somar as tensões encontradas ao longo do percurso (respeitando as polaridades encontradas). Pode começar por qualquer ponto e percorrer o circuito no sentido horário ou anti-horário.

- Vamos começar, por exemplo, por V_t, circulando a malha no sentido horário (sentido da corrente)

  $-V_t + V_1 + V_2 + V_3 = 0$ então $V_2 = V_t - V_1 - V_3$ $V_2 = 12 - 2 - 3$ $V_2 = 7V$

- Vamos começar agora por V_3, contornando a malha no sentido horário (sentido da corrente)

  $V_3 - V_t + V_1 + V_2 = 0$ então $V_2 = V_t - V_1 - V_3$ $V_2 = 12 - 2 - 3$ $V_2 = 7V$

- Vamos começar agora por V_1 circulando a malha no sentido anti-horário

  $-V_1 + V_t - V_3 - V_2 = 0$ então $V_2 = V_t - V_1 - V_3$ $V_2 = 12 - 2 - 3$ $V_2 = 7V$

Em vista disso, podemos concluir: não importa qual será seu ponto de partida nem seu sentido de percurso, o resultado será o mesmo. Entretanto, é usual percorrer o circuito no sentido da corrente.

Você vai ver agora, no exemplo 4, o que ocorre se o circuito apresentar mais de uma malha.

Exemplo 4: Dado o circuito abaixo, determinar as tensões solicitadas.
Sendo $E = 380V$

$V_1 = 110V \quad V_2 = 130V \quad V_3 = ? \quad V_4 = ? \quad V_5 = 65V \quad V_6 = 35V$

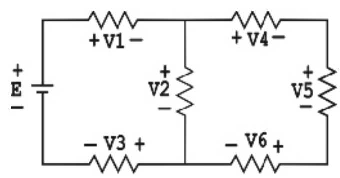


Figura 5: Circuito resistivo

Este é um circuito de duas malhas. Na primeira malha, a corrente circula no sentido horário. Vamos percorrer as duas malhas no sentido horário e vamos aplicar a lei de tensão de Kirchhoff nas duas malhas.

$$\begin{cases} -E + V_1 + V_2 + V_3 = 0 \\ V_4 + V_5 + V_6 - V_2 = 0 \end{cases} \quad \text{então} \quad \begin{cases} V_3 = E - V_1 - V_2 \\ V_4 = -V_5 - V_6 - V_2 \end{cases}$$

$$\text{ou seja} \quad \begin{cases} V_3 = 380 - 110 - 130 \\ V_4 = -65 - 35 + 130 \end{cases} \qquad \begin{cases} V_3 = 140V \\ V_4 = 30V \end{cases}$$

Perante o exposto, as leis de Kirchhoff nos auxiliam na determinação de parâmetros elétricos, certo? Agora, você vai aprender uma entre várias técnicas empregadas na resolução de circuitos. Estamos interessados em determinar os valores de tensão, corrente e potência em todos os elementos de circuito.

Esta técnica consiste em, inicialmente, identificar as associações de resistores (série, paralela já vistas na unidade 1), posteriormente compactar o circuito e determinar grandezas de interesse no circuito simplificado obtido. O passo seguinte é voltar ao circuito original gradativamente, determinando as grandezas de interesse. Está enrolado, não é? Veja um exemplo de emprego desta técnica.
Exemplo 5: dado o circuito abaixo, determinar as correntes, tensões e potências em todos os resistores. Sendo $V_t = 44V$ $R_1 = 20\Omega$ $R_2 = 40\Omega$ $R_3 = 60\Omega$

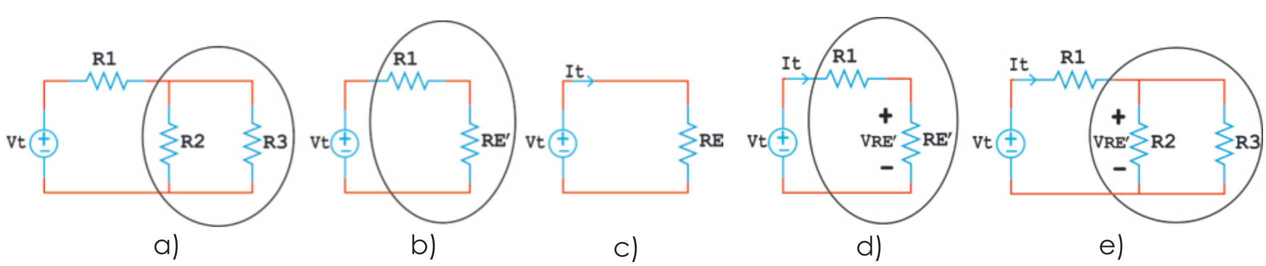


Figura 6: Circuito resistivo

Observando a Figura 6-a), você já deve ter notado que R_2 e R_3 estão ligados em paralelo. Certo? Da unidade 1, você lembra que estes resistores geram um resistor

equivalente de valor

$R_{E'} = \frac{40x60}{40+60}$ ou seja $R_{E'} = 24\Omega$ (1) Certo?

Este novo resistor, assim obtido, estará conectado em série com R_1 (veja a Figura 6-b)). Por sua vez, estes vão gerar um resistor equivalente dado por:

$R_E = 20 + 24$ ou seja $R_E = 44\Omega$ (2)

Olha que legal! Pegamos o circuito original e fomos compactando até chegar ao circuito simples da Figura 6-c). Agora fica fácil determinar a corrente no circuito. Basta aplicar a lei de Ohm, já vista na unidade 1:

$I_t = \frac{V_t}{R_E}$ ou seja $I_t = \frac{40}{40}$ $I_t = 1A$

Agora, está na hora de regressar: da Figura 6-c) você sabe que a corrente I_t circula pela fonte e pelo R_E. Mas da fórmula (2), você lembra que R_E veio de uma associação série entre R_1 e $R_{E'}$. Como R_E provém de uma associação série (apresenta a mesma corrente), então as correntes em R_1 e $R_{E'}$ serão respectivamente:

$I_t = 1A$ $I_{RE'} = 1A$ Certo ?

Pela lei de Ohm a tensão em R_1 será:

$V_1 = R_1 x I_1$ $V_1 = 20 x 1$ $V_1 = 20V$

Da fórmula 1 (que não trata de corridas), você sabe que $R_{E'}$ veio de uma associação paralela entre R_1 e R_2. Lembra que na associação paralela as tensões são iguais. Assim, se determinarmos a tensão em $R_{E'}$, estaremos determinando as tensões em R_1 e R_2 (já que são iguais).

Agora, olha a Figura 6-d). Pela lei de Ohm temos $V_{RE'} = R_{E'} x I_t$ ou seja $V_{RE'} = 24 x 1$ $V_{RE'} = 24V$ Assim, as tensões em R_2 e em R_3 serão respectivamente $V_2 = 24V$ $V_3 = 24V$

Pela lei de Ohm, podemos calcular as correntes em R_2 e em R_3:

$I_2 = \frac{V_2}{R_2}$ ou seja $I_2 = \frac{24}{40}$ $I_2 = 0,6A$

Analogamente, $I_3 = \frac{V_3}{R_3}$ ou seja $I_3 = \frac{24}{60}$ $I_3 = 0,4A$

Para finalizar, vamos calcular a potência nos resistores.

$$\begin{cases} P_1 = V_1 x I_1 \\ P_2 = V_2 x I_2 \\ P_3 = V_3 x I_3 \end{cases} \quad \begin{cases} P_1 = 20x1 \\ P_2 = 24x0,6 \\ P_3 = 24x0,4 \end{cases} \quad \begin{cases} P_1 = 20W \\ P_2 = 14,4W \\ P_3 = 9,6W \end{cases}$$

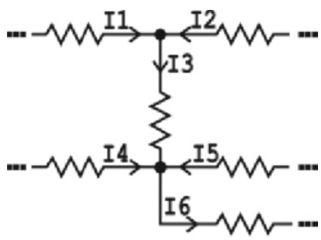
Agora é com você.



ATIVIDADE 1

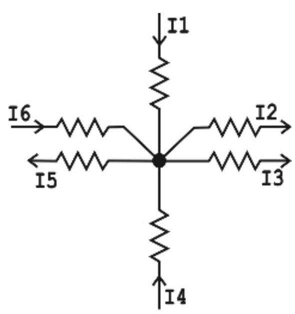
1) Para o circuito abaixo, determinar as correntes solicitadas. Sendo

I_1 = 0,5A I_2 = 1,8A I_3 = ? I_4 = 1,5A I_5 = 2,4A I_6 = ?



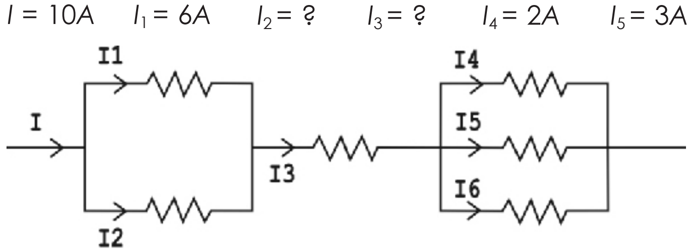
2) Para o circuito abaixo, determinar a corrente solicitada. Sendo

I_1 = 100A I_2 = ? I_3 = 15A I_4 = 30A I_5 = 5A I_6 = 50A



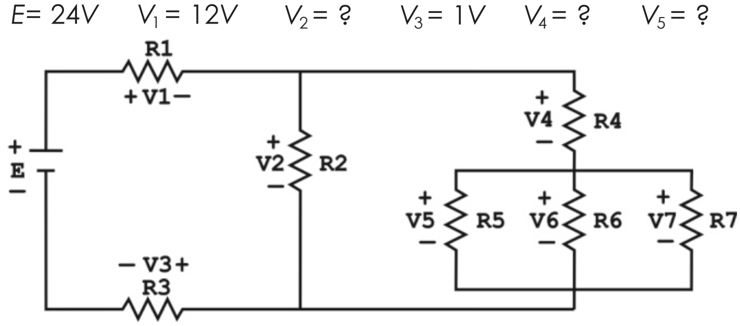
3) Para o circuito abaixo, determinar as correntes solicitadas. Sendo

I = 10A I_1 = 6A I_2 = ? I_3 = ? I_4 = 2A I_5 = 3A I_6 = ?

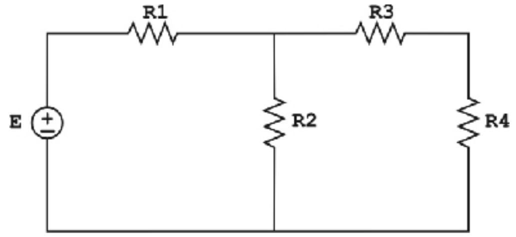


4) Dado o circuito abaixo, determinar as tensões solicitadas. Sendo

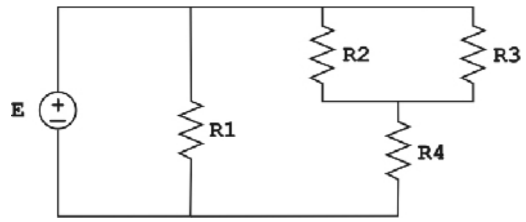
E= 24V V_1 = 12V V_2 = ? V_3 = 1V V_4 = ? V_5 = ? V_6 = 2V V_7 = ?



5) Para o circuito abaixo, seja: $E = 10V$ $R_1 = 10\Omega$ $R_2 = 20\Omega$ $R_3 = 15\Omega$ $R_4 = 5\Omega$
Determinar as correntes, tensões e potências em todos os resistores.



6) Dado o circuito abaixo, determinar as correntes, tensões e potências em todos os resistores. Sendo $E = 36V$ $R_1 = 10\Omega$ $R_2 = 3\Omega$ $R_3 = 6\Omega$ $R_4 = 8\Omega$



Instrumentos de Medida

O objetivo desta seção é proporcionar ao aluno familiarização com alguns instrumentos de medição. Falaremos do multiteste, que é um instrumento de medição muito aplicado na área de eletricidade.

O multiteste é um aparelho de medição que permite vários testes porque incorpora vários instrumentos. Fazem parte do multiteste um voltímetro, um amperímetro, um ohmímetro, entre outros. É um instrumento de várias escalas, permitindo medição de resistência (com o circuito desenergizado), tensão (com o instrumento conectado em paralelo), corrente (com o instrumento ligado em série). A figura abaixo mostra um multiteste.

Foto: Laboratório I009 da COELM – UTFPR



Figura 7: Multiteste

Quando manuseamos um multiteste, algumas precauções devem ser tomadas. São elas:

- Evitar choques mecânicos (quedas)
- Identificar o tipo de medida (resistência, tensão ou corrente)
- Não medir resistência com o circuito alimentado
- Não medir tensão com o seletor em R ou I
- Para medição de corrente, conectar o instrumento em série
- Para medição de tensão, conectar o instrumento em paralelo
- Selecionar a escala apropriada à medida

- Nunca mudar de escala com as pontas de prova no circuito
- Quando terminar as medições, selecione OFF

Vamos falar um pouquinho mais sobre o multiteste. Só uma palavrinha.

Medindo resistência elétrica

Mede-se resistência com o auxílio do Ohmímetro. O circuito deve estar sem alimentação, ou seja, desenergizado.

Suponha que desejemos medir o valor da resistência de um resistor qualquer. Os seguintes passos devem ser seguidos:

- Desligar a alimentação do circuito.
- Girar a chave do instrumento para Ω
- Escolher uma escala adequada segundo a grandeza a ser medida. Se você não tiver ideia da grandeza a ser medida, escolha a maior escala do instrumento.
- Ligar o instrumento (power). Colocar as ponteiras em contato com os terminais de interesse.

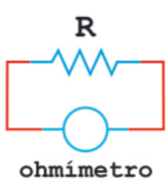


Foto: Laboratório I009 da COELM – UTFPR

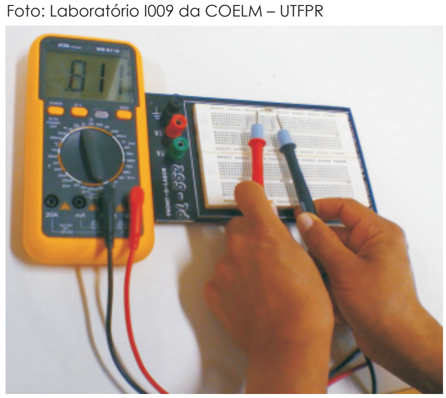


Figura 8: Medição de resistência

Suponha que desejemos medir a resistência de um resistor. O Ohmímetro deve ser conectado como mostra a figura ao lado.

- Ler o valor do resistor no visor
- Virar a chave seletora depois de retirar as pontas de prova do componente.

Para solidificar todos estes conceitos, que tal uma aulinha prática?

Roteiro de Aula Prática – medição de resistência

Alunos:

____

____

____

____

Data: _____ / ______ / _____

Turma: ___________________

1- Escolher vários resistores e preencher a tabela seguinte com auxílio da Tabela 2.

Tabela 1: Medição de resistências.

Cores	Valor da Resistência do Resistor	Faixa (Ω)	Valor medido (Ω)
amarelo–violeta–marrom-ouro	$47\times10^1 = 470\Omega$ (±5%)	447 à 494	450

Tabela 2: Código de cores.

*	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Cor	prata	ouro	preto	marrom	vermelho	laranja	amarelo	verde	azul	violeta	cinza	branco
Tolerância	10%	5%		1%	2%			0,5%	0,25%	0,1%		

1- Escolher o instrumento de medida.

2- Fazer a leitura das resistências dos resistores.

- Girar a chave seletora de função e escala para a posição "Ω", e escolher a escala de resistência que seja adequada à leitura que você deseja efetuar.
- Não manter as pontas de prova no circuito quando for mudar a posição do seletor.
- Colocar as ponteiras do ohmímetro nos terminais do resistor.
- Nunca medir resistência com o circuito energizado.
- Ler o valor da resistência no visor e completar a Tabela 1.

Medindo tensão elétrica

Mede-se tensão com o voltímetro conectado em paralelo com o elemento cuja tensão você deseja conhecer.

Suponha que desejemos medir o valor da tensão nos terminais de um resistor qualquer. Os seguintes passos devem ser seguidos:

- O circuito deve estar energizado.
- Girar a chave do instrumento para V
- Escolher uma escala adequada segundo a grandeza a ser medida. Se não tiver ideia da grandeza a ser medida, escolha a maior escala do instrumento.
- Ligar o instrumento (power). Conectar o instrumento em paralelo com o elemento cuja tensão se deseja conhecer.

Suponha que desejemos medir a tensão do resistor R_2. O voltímetro deve ser conectado como mostra a figura abaixo:

Foto: Laboratório I009 da COELM – UTFPR

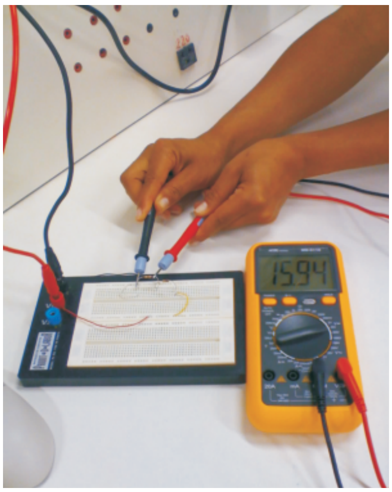
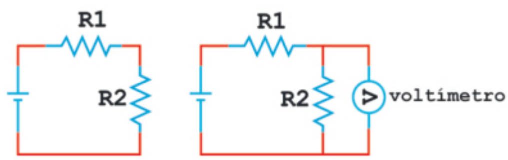


Figura 9: Medição de tensão



- Ler o valor da tensão no visor
- Virar a chave seletora depois de retirar as pontas de prova do componente.

Este é um teste realizado com o circuito energizado. Atenção: precauções devem ser tomadas.

Choque elétrico pode causar desde queimaduras até a morte. Quando medimos tensão de corrente contínua maior que 60V, o choque elétrico é forte. Correntes superiores a 20mA causam parada cardiorrespiratória.

A conexão incorreta do aparelho no circuito danifica o instrumento.

Medindo corrente elétrica

Mede-se corrente elétrica com o amperímetro ligado em série com o elemento cuja corrente você deseja conhecer.

Suponha que desejemos medir o valor da corrente que circula por um resistor qualquer. Os seguintes passos devem ser seguidos:

- Girar a chave do instrumento para A
- Escolher uma escala adequada segundo a grandeza a ser medida. Se você não tiver ideia da grandeza a ser medida, escolher a maior escala do instrumento.
- Ligar o instrumento (power). Conectar o instrumento em série (interrompa o circuito) com o elemento cuja corrente você deseja conhecer.
- Energizar o circuito

Foto: Laboratório I009 da COELM – UTFPR

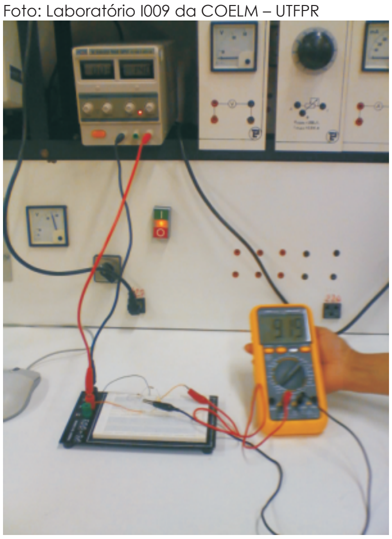
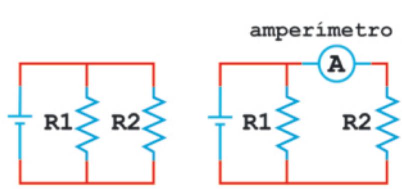


Figura 10: Medição de corrente



Suponha que desejemos medir a corrente que flui pelo resistor R_2. O amperímetro deve ser conectado como mostra a figura ao lado.

- Ler o valor da corrente no visor

A conexão incorreta do aparelho no circuito danifica o instrumento.

Para exemplificar a utilização de um amperímetro, que tal uma aula prática.

Roteiro de Aula Prática: medição de corrente e tensão cc

Alunos:

____

____

____

____

Data: _____ / ______ / _____ Turma: ___________________

1- Ligação Série

a. Dado o circuito abaixo, calcular I, V_1 e V_2.
b. Montar o circuito no protoboard, medir I, V_1 e V_2.
c. Comparar os valores calculados com os valores medidos.
d. Comprovar a lei de tensão de Kirchhoff, utilizando os valores medidos.
e. Curto circuitar R_2 e medir V_2.
f. Preencher a tabela dada.

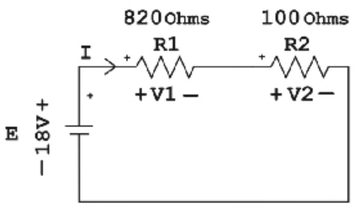


Figura 11:
Circuito série

Tabela 3: Medições

Grandezas	Valores calculados	Valores medidos
I (mA)		
V_1 (V)		
V_2 (V)		
V_2 (V) com R_2 em curto		

2- Ligação Paralela

a. Dado o circuito abaixo, calcular I_t, i_1, i_2, V_1 e V_2.
b. Montar o circuito no protoboard, medir I_t, i_1, i_2, V_1 e V_2.
c. Comparar os valores calculados com os valores medidos.
d. Comprovar a lei de corrente de Kirchhoff, utilizando os valores medidos.

e. Abra a segunda malha e meça i_2.
f. Preencher a tabela dada.

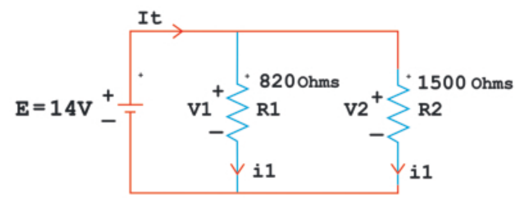


Tabela 4: Medições

Grandezas	Valores calculados	Valores medidos
I_t(mA)		
i_1 (mA)		
i_2 (mA)		
V_1 (V)		
V_2 (V)		
i_2 (mA) de malha aberta		

Agora é com você.



ATIVIDADE 2

1) Observe a Figura 13.
   a) Na Figura 13-a), desejamos medir a resistência em R_2. Listar o que está incorreto .
   b) Na Figura 13-b), R_1 = 10 Ω e R_2 = 10 Ω. Qual será a leitura do ohmímetro?
   c) Na Figura 13-c), R_1 = 10 Ω e R_2 = 10 Ω. Qual será a leitura do ohmímetro?

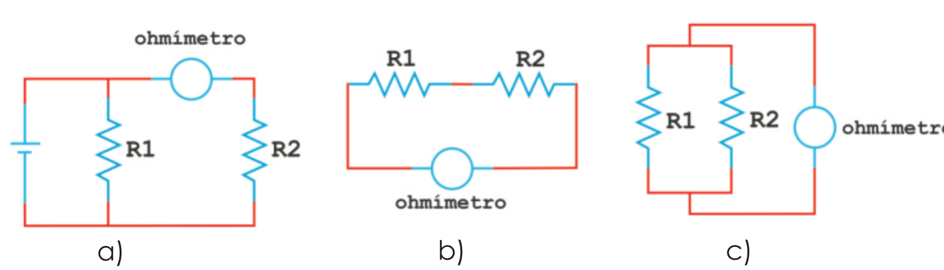
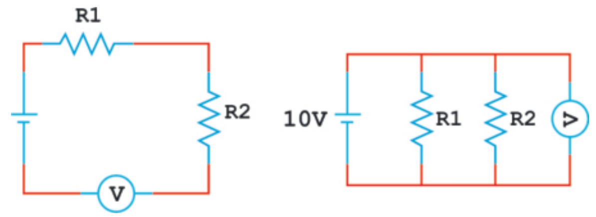


Figura 13: Circuito resistivo

1) Observe a figura 14.

a) Na Figura 14-a), desejamos medir a tensão em R_2. Listar o que está incorreto.

b) Na Figura 14-b), qual será o valor lido pelo voltímetro?



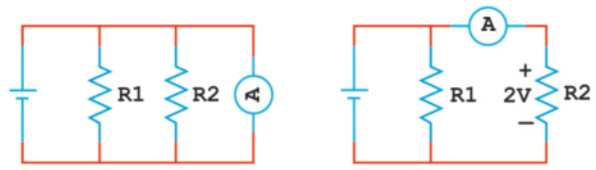
a) b)

Figura 14:
Circuito resistivo

1) Observar a figura 15.

a) Na Figura 15-a), desejamos medir a corrente que flui por R_2. Listar o que está incorreto.

b) Na Figura 15-b), qual será a leitura do amperímetro, se R_2 for de 10Ω ?



a) b)

Figura 15:
Circuito resistivo

Nesta unidade, tratamos sobre a lei de tensão e a lei de corrente de Kirchhoff, além de falarmos dos instrumentos de medida em corrente contínua. Vimos alguns exemplos e deixamos exercícios para que você desenvolvesse.

Para consolidar a teoria vista e deixar nossa aula mais linda para você, realizamos aulas práticas que comprovam as leis estudadas. Nessas aulas, você teve a oportunidade de manusear os instrumentos de medida sem perder de vista os riscos à segurança.

Espero que tenha sido de seu agrado. Nos vemos na próxima unidade.

Unidade III

Aplicações da eletricidade

3.1 OBJETIVO ESPECÍFICO

- descobrir a importância da eletricidade no dia a dia.

3. 2 INTRODUÇÃO

Inicialmente, vamos apresentar, de forma geral, o papel que a eletricidade desempenha no mundo moderno. Posteriormente, vamos delimitar nosso estudo priorizando as aplicações de corrente contínua. Vamos falar de máquinas de corrente contínua (gerador e motor). Para finalizar, veremos alguns exemplos de fixação de ideias.

É importante estudar este conteúdo para que você perceba que a eletricidade tem um leque de aplicação muito vasto. Espero que isso seja estimulante para você aprofundar sua pesquisa sobre eletricidade.

3.3 O VALOR DA ELETRICIDADE

O objetivo desta seção é mostrar uma panorâmica da eletricidade.

Em nossa vida, a eletricidade se faz indispensável em todos os momentos. Podemos dizer que, sem ela, ficamos tão perdidos, que teremos muita dificuldade até para viver. Ao entrarmos em casa, já precisamos acender as luzes. Ao ir para o banho, o chuveiro é elétrico. Para relaxar um pouquinho no sofá, ligamos a televisão. Para tomar um refresco ou até uma cervejinha, nossa garganta já está acostumada com tudo gelado. A geladeira é indispensável, sobretudo para a conservação dos alimentos. Para termos água, utilizamos uma bomba elétrica. No banco, para movimentos financeiros, a máquina funciona só se a eletricidade estiver presente. Muitos, para lazer ou para trabalho, precisam do computador. Este, sim, nos faz escravos. Desde pequenos, já aprendemos a brincar com videogames, ficando a criatividade para trás.

Quando adultos, se o computador falhar, tudo aquilo que planejamos vai por água abaixo. Enfim, não podemos viver sem a tal da eletricidade, e ficamos imaginando aquele sujeito que vive fora da cidade, sem tudo isso que achamos indispensável. Vamos imaginar?

Levantam cedo, para aproveitar melhor a luz natural (levantar cedo...), comem alimentos sempre frescos, pois não é possível lá longe colocar um pedaço de carne dentro de um freezer, para ser consumido depois de dias, (você já imaginou como deve ser chato...). Não tem perigo de sair do banho com o corpo quente, pois a água está na temperatura natural e não faz nenhum mal à saúde. Depois de passarem o dia cuidando das coisas naturalmente (pois trabalham, se divertem, estudam, fazem quase a mesma coisa que a gente da cidade, porém mais simplesmente, não há dúvidas), à tarde, ao voltarem para casa, para descansar, sentam-se com a família, com os amigos e conversam falando com as pessoas, sem estarem à frente de um computador, lendo *e-mails*, mensagens, e outras coisas mais. Alguns até pegam uma viola, para contar uma história, uma poesia, através da música, e são chamados de caipiras. Mais à noitinha, não tem

a tal da tv, para mostrar que aquela vida que se leva lá naquele cantinho é muito ruim, muito difícil. Eles não ficam sabendo de nada que acontece no mundo e, ao invés de estarem preocupados com as guerras, com os assaltos e com tudo aquilo que acontece onde a eletricidade está presente, o caipira deita mais cedo, dorme despreocupado, pois os benefícios da tal da eletricidade ainda não estão influenciando sua vida. Vive no mundo dele, pouco ligandos para os outros.

Mas, de qualquer forma, somos daqui. Se não fosse o tal do computador, eu teria que escrever todas estas coisas à mão, pensando em fazer uma letrinha bonita para passar uma mensagem com boa apresentação, em vez de estar digitando em uma máquina, que não tem sentimentos e que vive me corrigindo se estiver escrevendo errado, e geralmente estou.

É difícil imaginar o mundo moderno, do qual fazemos parte, sem eletricidade. Suponha ausência de eletricidade nos seguintes casos:
- nos hospitais: a situação fica muito crítica à medida que muitas vidas são salvas com a ajuda de aparelhos elétricos. Por exemplo, através de um desfibrilador, aplica-se um choque no coração para restaurar seu ritmo. Por outro lado, pessoas que perderam o braço podem utilizar um braço elétrico que contém motores que controlam o abrir e o fechar dos dedos.
- nas indústrias: o nível de produção diminui. Lembrando que o motor elétrico contribuiu para o desenvolvimento industrial, acelerando a mobilidade.
- em casa: imagina você sem orkut, sem MSN e sem internet. Imagina o aquário sem oxigenação e sem luz. Você não poderá digitar um documento importante, nem assistir à tv e, muito menos, conservar os alimentos na geladeira.
- na fazenda: impossibilitaria a utilização de cerca elétrica, por exemplo.
- no comércio: as atividades noturnas seriam afetadas e o uso de computadores para o cadastramento de clientes e tratamento de dados seria prejudicado.
- nas escolas: o conforto dos ambientes, as atividades noturnas e a iluminação em dias chuvosos seriam afetados.
- nas igrejas: o uso de equipamentos eletricamente alimentados seria impossível, como é o caso de microfones. As atividades noturnas seriam igualmente prejudicadas.
- no lazer: em discotecas propriamente ditas, a música, a iluminação ambiente, a iluminação decorativa seriam afetadas.
- em supermercados: as atividades noturnas, a conservação de alimentos ficariam prejudicadas.
- em vias públicas: a falta de iluminação geraria acidentes e aumentaria o índice de marginalidade, impossibilitando ainda a utilização de semáforos elétricos.

Enfim..., mas você pode dizer: para tudo dá-se um jeito!

Assim, faltando eletricidade, por um lado podemos utilizar lareiras para obter calor, fogão à lenha para cozinhar, velas e tochas para iluminar, réguas de cálculo para fazer contas, e para o bate-papo a distância vamos utilizar cartas. Para substituir a geladeira, podemos utilizar potes de barro com areia molhada. Podemos voltar ao banho quente de caneca e substituir a tv por caminhadas ao bosque, o que

dispensaria a esteira elétrica também. Vamos substituir a máquina de lavar pelo tanque manual, o ferro elétrico de passar pelo ferro a carvão e poderemos dormir mais cedo por falta de iluminação das vias públicas.

Por outro lado, para realizar trabalho pesado, podemos utilizar as forças do próprio homem e dos animais. Podemos apelar para as máquinas simples, utilizando cordas e polias. Podemos voltar todos para os engenhos, por exemplo, e utilizar a tração animal para transporte de carga pesada.

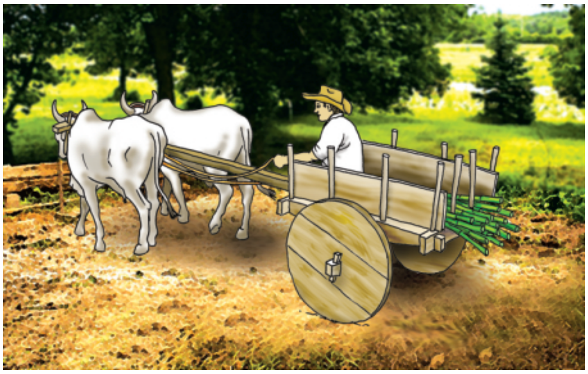


Figura 1: O trabalho

Bem, com tudo isso você pode concluir que somos muito dependentes das novas tecnologias e das mordomias da cidade, não é? Muito bem. Hoje, a eletricidade está a nosso redor em todos os ângulos:

- Em casa - encontramos tomadas onde ligamos vários aparelhos que são úteis e facilitam nossa vida. Nos dias mais frios, a eletricidade nos mantém aquecidos por meio de chuveiros elétricos, aquecedores, entre outros. Nos dias mais quentes, esta mesma eletricidade nos proporciona frescor mediante o ar- condicionado, ventiladores e por aí fora. Por sua vez, as lâmpadas transformam eletricidade em luz, para nossos caminhos, os computadores transformam eletricidade em informação, os telefones transformam eletricidade em comunicação, as tvs transformam a eletricidade em imagens, as torradeiras e secadores de cabelo transformam eletricidade em calor, os rádios transformam eletricidade em ondas eletromagnéticas.
- Em qualquer lugar: os aparelhos portáteis precisam de bateria para fornecer a energia de que necessitam para funcionar.
- Nas indústrias: encontramos vários maquinários movidos à eletricidade, contribuindo assim para o desenvolvimento da nação e para o bem-estar social. Os motores elétricos transformam eletricidade em movimento.
- Nos hospitais: a eletricidade alimenta aparelhos utilizados para salvar vidas. Para exemplificar, aparelhos de raios X transformam eletricidade em raios X.



Figura 2: A cidade

- Nas escolas: esta mesma eletricidade é fonte de iluminação, possibilitando atividades noturnas bem como diurnas em ambientes mais aconchegantes.
- Em lugares de lazer (discotecas, parques de diversão, entre outros): a eletricidade se torna presente, alimentando toda a sorte de aparelhos e deixando a festa mais bonita.

- Nas vias públicas: a eletricidade traz mais segurança para as pessoas, não se esquecendo de que armas de choque transformam eletricidade em dor, e alto-falantes transformam eletricidade em som.

Sem dúvida, você poderia continuar citando aplicações da eletricidade. Porém, esta mesma eletricidade que nos traz conforto, segurança, iluminação, saúde e desenvolvimento, pode também ser sinônimo de perda. Perda de bens materiais e humanos. A exemplo disso,

- por um lado, um choque pode ser utilizado para recuperar o ritmo cardíaco de alguém; por outro, o choque elétrico pode tirar a vida de alguém.
- durante uma grande tempestade podem ocorrer deslocamento de eletricidade (relâmpago, raios,...), causando morte.
- em dias secos, você poderá levar choques de menor intensidade devido à eletricidade estática.
- o mau dimensionamento da fiação ou uma perturbação no sistema de geração e transmissão de energia pode originar desde incêndios de grande proporção até queima de equipamentos.
- Acidentes, de outra natureza, com eletricidade também podem acontecer.

Enfim, com tudo isso queremos mostrar que a eletricidade é um bem precioso que pode representar perigo, possibilitando fazer várias coisas diferentes.

Agora é com você. Pode ser?



ATIVIDADE 1

1) Qual é o papel que a eletricidade desempenha em nossa sociedade?

2) Cite algumas aplicações da eletricidade em sua casa?

3) Cite algumas aplicações da eletricidade em zonas rurais?

Você precisa ser lembrado do seguinte: a energia gerada e transmitida é da forma de corrente alternada. A energia presente nas tomadas de nossas residências tem a forma alternada. Entretanto, esta corrente alternada pode ser convertida em corrente contínua através de retificadores. Aqui, falaremos apenas das aplicações de corrente contínua.

Numa próxima oportunidade, podemos fazer um estudo desta mesma disciplina focada em corrente alternada, concernente a sistemas monofásicos, trifásicos, aplicações, máquinas de corrente alternada e instrumentos de medição em corrente alternada. Podemos igualmente falar das aplicações da eletrostática. O que quero dizer com isso é que estamos vendo apenas uma fatia da torta.

Então, para dar continuidade a nosso estudo, vamos falar das máquinas básicas de corrente contínua, seu princípio de construção, funcionamento e aplicação. Nesta seção, vamos falar do gerador de corrente contínua e do motor de corrente contínua.

3.4 GERADOR DE CORRENTE CONTÍNUA ELEMENTAR

O gerador de corrente contínua é um dispositivo que converte energia mecânica em energia elétrica. Este dispositivo gera corrente contínua e está ilustrado abaixo:

O gerador é constituído basicamente por:

- Estator: parte fixa da máquina. Seu enrolamento (enrolamento de campo) é alimentado com uma tensão de corrente contínua (tensão de excitação) para gerar o campo fixo.
- Rotor: parte girante (movida por ação mecânica), movendo-se no interior do campo fixo. Em seu enrolamento (enrolamento de armadura) são induzidas tensões e correntes.
- Escovas e comutador: levam a tensão induzida para o meio externo. As escovas são estacionárias e deslizam no comutador. O comutador, por sua vez, é um retificador mecânico (faz com que a corrente circule sempre no mesmo sentido, a cada semiciclo a corrente é invertida), formado por peças semicilíndricas. Cada peça recebe um terminal da espira. O comutador gira com a espira.

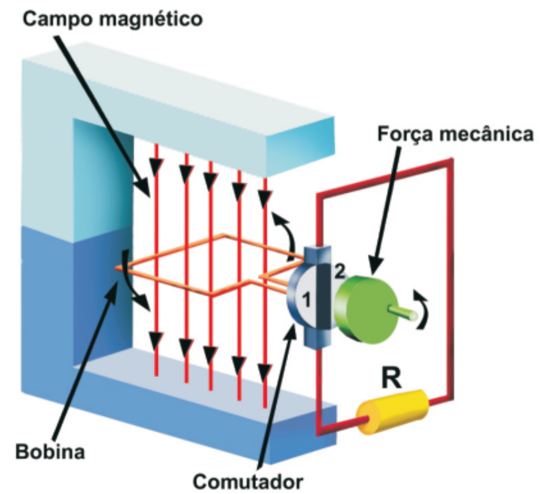


Figura 3:
Gerador de corrente contínua elementar

Lembremos especialmente do funcionamento do gerador. Ao aplicarmos uma força mecânica na máquina primária, a bobina da armadura gira no interior do campo fixo. Surge na armadura uma tensão induzida. Conectando uma carga nos terminais da armadura, haverá uma corrente induzida.

O gerador pode ser representado por seu circuito equivalente. O circuito que modela o comportamento de um gerador de corrente contínua está mostrado abaixo.

Note que, pela lei de tensão de Kirchhoff, estudada na unidade anterior, temos:

$E_g = V_a + R_a I_a \qquad P_{eletromag} = E_g I_a \qquad P_{terminal} = V_a I_a$

Onde: E_g é a tensão gerada (V); V_a é a tensão nos terminais da armadura (V); R_a é a resistência da armadura (Ω); I_a é a corrente da armadura (A); $P_{eletromag}$ é a potência eletromagnética (W); $P_{terminal}$ é a potência nos terminais da armadura (W).

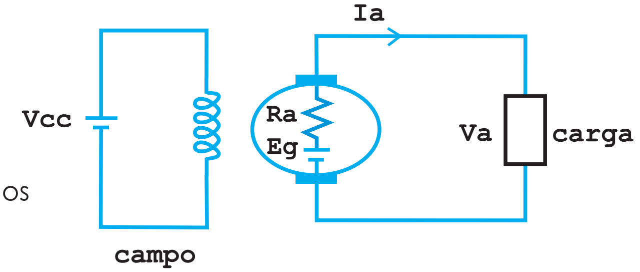


Figura 4: Circuito equivalente

Para exemplificar, podemos analisar o seguinte caso: a armadura de um gerador de corrente contínua de 110V fornece à carga 60 A. O circuito da armadura apresenta uma resistência de 0,25Ω. Determinar a tensão gerada na armadura.

Solução: você pode começar colhendo os dados.

Dados: $V_a = 110V$ $I_a = 60\ A$ $R_a = 0{,}25\Omega$ $E_g = ?$

Pela lei de tensão de Kirchhoff temos: $-E_g + R_a I_a + V_a = 0$ portato $E_g = V_a + R_a I_a$
logo $E_g = 110 + 0{,}25*60$ $E_g = 125V$

A forma de excitação nos remete a diferentes tipos de gerador.

O campo fixo pode ser produzido por excitação independente (alimenta-se a bobina de campo com uma tensão de corrente contínua externa) ou autoexcitação (a própria tensão induzida alimenta a bobina de campo). A tensão inicial é originária do magnetismo residual do estator.

Diante do que foi dito, temos os seguintes tipos de geradores:

EXCITAÇÃO INDEPENDENTE

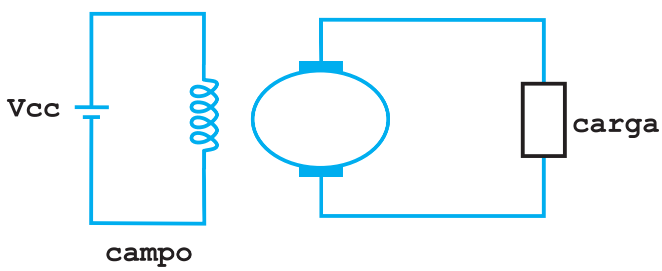


Figura 5: Gerador independente

O enrolamento de campo é ligado a uma fonte de excitação externa. Funciona vazio ou com carga. É utilizado quando o gerador deve responder rapidamente. Necessita de fonte de excitação (tornando-se um inconveniente).

SÉRIE

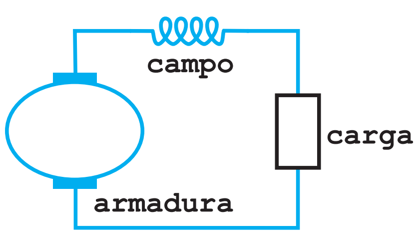


Figura 6: Gerador autoexcitado campo série

O enrolamento de campo é conectado em série com a armadura. Funciona apenas com carga. Como depende da carga, não se recomenda seu uso como fonte de corrente contínua.

SHUNT OU DERIVAÇÃO

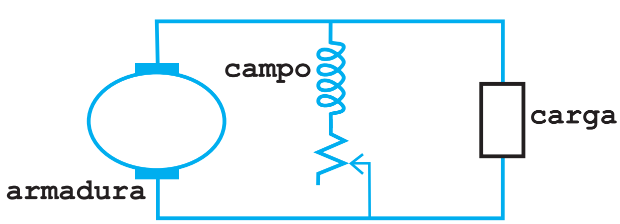


Figura 7: Gerador autoexcitado campo derivação

O enrolamento de campo e o reostato são ligados em paralelo com a armadura.

A regulação de tensão é deficiente.

COMPOSTO CUMULATIVO

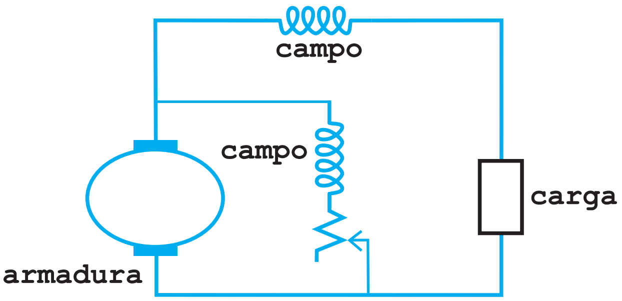


Figura 8: Gerador autoexcitado campo composto

Os geradores autoexcitados não necessitam de fonte externa, diminuindo o custo de manutenção. Entretanto, o campo fixo é controlado apenas parcialmente.

A importância do gerador é traduzida por sua aplicação. O gerador de corrente contínua é utilizado em aplicações que exigem tensão de corrente contínua. Encontra aplicação em navios, barcos, bicicletas, automóveis, entre outros.

Agora é com você.



ATIVIDADE 2

1) Explicar o funcionamento do gerador de corrente contínua?

2) Como é constituído o gerador de corrente contínua?

3) Citar aplicações do gerador de corrente contínua?

4) Um gerador de corrente contínua de excitação independente 25kW e 125V opera com velocidade constante de 3000 rpm e uma corrente de campo constante tal que a tensão gerada seja 125V. A resistência de armadura é 0,02Ω, e a tensão terminal é de 124V. Determinar

a) A corrente de armadura

b) A potência terminal

c) A potência eletromagnética.

3.5 MOTOR DE CORRENTE CONTÍNUA ELEMENTAR

O motor de corrente contínua é um dispositivo que converte energia elétrica de corrente contínua em energia mecânica. Para entender o funcionamento e a construção deste dispositivo, vamos voltar nossa atenção para o motor elementar ilustrado na página seguinte.

O motor de corrente contínua é constituído basicamente por:

- Estator: parte fixa da máquina. Seu enrolamento é alimentado com uma tensão de corrente contínua para gerar o campo fixo.
- Rotor: parte girante da máquina. Seu enrolamento é alimentado com tensão de corrente contínua. Assim, uma corrente circulará pela bobina.
- Escovas: fazem o contato elétrico entre as partes girantes e fixas da máquina.
- Comutador: faz com que a corrente circule na armadura sempre no mesmo sentido.

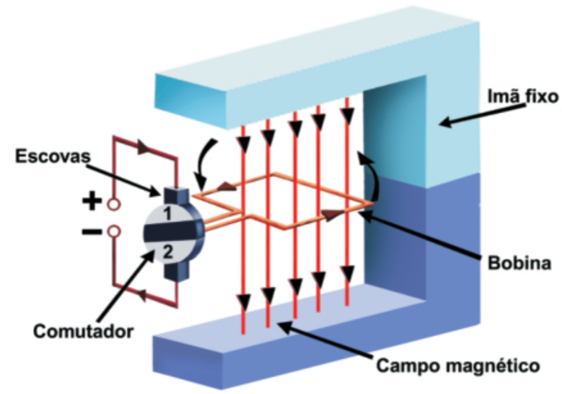


Figura 9: Motor de corrente contínua elementar

É muito importante entendermos o funcionamento deste motor: alimenta-se a bobina da armadura com uma tensão de corrente contínua. E uma corrente a percorre. Esta corrente gera um campo magnético que interage com o campo fixo. Surge um torque que produz a rotação da armadura. Quando a bobina está ortogonal ao campo fixo, não existe reação entre os campos. Mas a bobina continua girando pela ação do torque anterior.

Para analisar o motor de corrente contínua, pode ser substituído por seu circuito equivalente. O circuito que modela o comportamento de um motor de corrente contínua está mostrado abaixo.

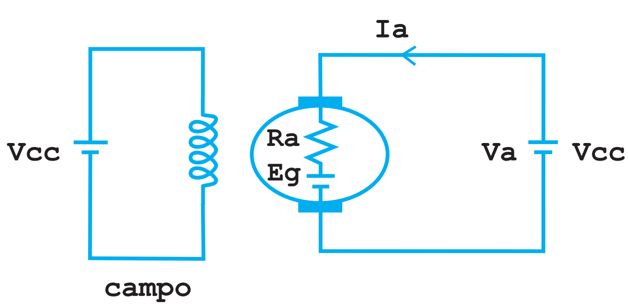


Figura 10: Circuito equivalente

Note que: $E_g = V_a + R_a I_a$

$P_{eletromag} = E_g I_a$ $P_{terminal} = V_a I_a$

$$T = \frac{E_g I_a}{W_m}$$

Onde: E_g é a tensão gerada (V); V_a é a tensão nos terminais da armadura (V); R_a é a resistência da armadura (Ω); I_a é a corrente da armadura (A); $P_{eletromag}$ é a potência eletromagnética (W); $P_{terminal}$ é a potência nos terminais da armadura (W); T é o torque ou conjugado (N.m); W_m é a velocidade (rad/s).

Para exemplificar, seja o seguinte caso: a armadura de um motor de corrente contínua, quando alimentada com uma tensão de 128V, apresenta uma corrente de 150 A. O circuito da armadura apresenta uma resistência de 0,02Ω. Determinar a tensão gerada na armadura.

Pela lei de tensão de Kirchhoff, já vista, temos: $E_g - V_a + R_a I_a = 0$,

portatanto $E_g = V_a - R_a I_a = 0$ $E_g = 128 - (0{,}02*150)$ $E_g = 125V$

Quanto à excitação, temos os seguintes tipos de motores:

MOTOR SHUNT

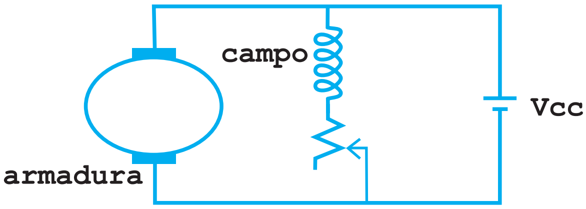


Figura 11: Motor shunt

O enrolamento de campo e o reostato são ligados em paralelo com a armadura. Apresenta boa regulação de velocidade.

MOTOR SÉRIE

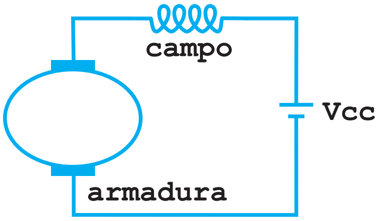


Figura 12: Motor série

O enrolamento de campo é conectado em série com a armadura. Como a corrente de armadura alimenta o campo, o torque de partida é alto. Este motor não pode partir a vazio. É utilizado para acionar cargas de alta inércia (trens).

MOTOR COMPOSTO

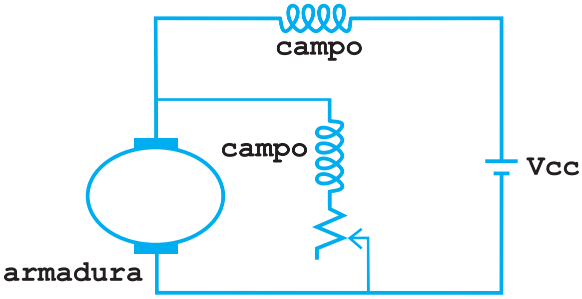


Figura 13: Motor composto

Este motor apresenta dois enrolamentos de campo (série e derivação). Apresenta boa regulação de velocidade e alto torque de partida. Pode operar com carga ou sem ela. É utilizado onde for necessário velocidade constante com variação extrema de carga.

A importância dos motores de corrente contínua pode ser traduzida por sua aplicação. Para exemplificar a aplicação deste motor, convém destacar o que ocorre no caso de elevadores de carga:

- Para subir com carga: utilizar o motor série que apresenta torque de partida elevado.
- Para descer: utilizar o motor shunt que apresenta boa regulação de velocidade.
- A vazio ou com pouca carga: utilizar o motor composto.

Estes motores são utilizados em indústrias, para variar a velocidade de esteiras. Eles podem ser usados para variar a velocidade de trens.

Agora é com você.



ATIVIDADE 3

1) Explicar o funcionamento do motor de corrente contínua?

2) Como é constituído o motor de corrente contínua?

3) Citar aplicações do motor de corrente contínua?

4) Um motor de corrente contínua de excitação independente 25kW, 125V opera com velocidade constante de 3000 rpm (rotações por minuto) e uma corrente de campo constante tal que a tensão gerada seja 125V. A resistência da armadura é de 0,02Ω. Quando a tensão terminal for de 128V, calcular

a) A corrente de armadura

b) A potência terminal

c) A potência eletromagnética

d) O conjugado eletromagnético.

Nesta última unidade de nossa disciplina, você viu um pouco sobre a importância da eletricidade em nossa vida e no desenvolvimento de um país industrializado. Focamos nossa pesquisa naquelas aplicações de corrente contínua vistas através do gerador e do motor de corrente contínua. Aproveitamos a oportunidade para conversar, pouco que seja, sobre estas máquinas elétricas. E aproveitamos ainda a ocasião para estabelecer um link entre os novos conceitos e aqueles vistos nas unidades anteriores.

Esperamos, com isso, ter alcançado os objetivos propostos inicialmente, e gostaríamos de relembrar que isto é apenas uma parte de uma fatia maior de eletricidade.

Despedimo-nos estimulando você a pesquisar ainda mais o mundo da eletricidade, quem sabe buscando aprender um pouco mais sobre eletrostática e sobre corrente alternada, seus instrumentos de medida e aplicações.

Um forte abraço e muita luz para você.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, Rômulo Oliveira. **Análise de circuitos em corrente contínua**. 6. Edição. São Paulo: Ed. Érica, 1995.

ALBUQUERQUE, Rômulo Oliveira. **Análise de circuitos em corrente contínua**. Ed. Érica, SP, 6ª edição, 1995. (3 exemplares)

FITZGERALD, A. E., KINGSLEY Jr, C. E UMANS, S. D. **Máquinas elétricas: com introdução à eletrônica de potência**. 6ª Edição. São Paulo: Bookman, 2006.

FITZGERALD, A. E., KINGSLEY, C.,KUSKO, A. **Máquinas elétricas: conversão eletromecânica da energia, processos, dispositivos e sistemas**. Rio de Janeiro: Mcgraw Hill, 1975.

GUSSOW, M. **Eletricidade básica**. Ed. McGraw-Hill, SP, 1985.

GUSSOW, M. **Eletricidade básica**. São Paulo: Ed. McGraw-Hill, 1985.

KOSOW, I. **Máquinas elétricas e transformadores**. Rio de Janeiro: Editora Globo. 1986.

NASCIMENTO JUNIOR, Geraldo C. **Máquinas elétricas: teoria e ensaios**. S. Paulo: Érica, 2006

RESPOSTA DAS ATIVIDADES

UNIDADE II

Atividade 1

1) $I_3 = 2,3A$ $I_6 = 6,2$ A .
   Dica: I_3 entra no segundo nó.

2) $I_2 = 160A$

3) $I_2 = 4A$ $I_3 = 10A$ $I_6 = 5A$.
   Dica: comece identificando os nós do circuito.

4) $V_2 = 11V$ $V_5 = 2V$

5) $I_1 = 0,5A$ $V_1 = 5V$ $I_2 = 0,25A$ $V_2 = 5V$ $I_3 = 0,25A$ $V_3 = 3,75V$ $I_4 = 0,25A$
   $V_4 = 1,25V$ $P_1 = 2,5W$ $P_2 = 1,25W$ $P_3 = 0,94W$ $P_4 = 0,31W$

6) $I_1 = 3,6A$ $V_1 = 36V$ $I_2 = 2,4A$ $V_2 = 7,2V$ $I_3 = 1,2A$ $V_3 = 7,2V$ $I_4 = 3,6A$
   $V_4 = 28,8V$ $P_1 = 129,6W$ $P_2 = 17,28W$ $P_3 = 8,64W$ $P_4 = 103,68W$

Atividade 2

1-a) Ohmímetro conectado incorretamente, o circuito não pode estar alimentado.
1-b) 20Ω
1-c) 5Ω

2-a) Voltímetro incorretamente conectado
2-b) 10 V

3-a) Amperímetro incorretamente conectado.
3-b) 0,2A

UNIDADE III

Atividade 2

4) I_a = 50A $P_{terminal}$ = 6200W $P_{eletromag}$ = 6250W.
Dica: calcular I_a a partir da equação da lei de tensão de Kirchhoff.

Atividade 3

4) I_a = 150A $P_{terminal}$ = 19200W $P_{eletromag}$ = 18750W T = 59,7Nm.
Dica: para calcular o torque, converter a velocidade em radianos por segundo (uma rotação equivale a 2π radianos).

Curso técnico em informática

Caro estudante:

Os avanços tecnológicos na área de informática e comunicação, associados a modelos pedagógicos que são apoiados pelo uso de tecnologia, deram origem à modalidade de ensino chamada Ensino a Distância ou, simplesmente, EaD.

A característica desse modelo é a separação física entre aluno e professor. Para suprir a distância, a interação, entre o aluno e o professor, é mediada tanto por recursos tecnológicos quanto pelo material impresso. Nessa modalidade de ensino, o material impresso, juntamente com recursos de vídeo, videoconferência e um Ambiente Virtual de Aprendizagem, são as bases tecnológicas, às quais você terá acesso durante sua formação.

Todos esses recursos são meios de comunicação entre professor e aluno. Cada recurso possui uma característica própria e necessita de um canal específico de comunicação. Para assistir aos vídeos, participar de videoconferência ou realizar as atividades do Ambiente Virtual de Aprendizagem, você precisará ter acesso a computadores e a internet. Porém, tais recursos tecnológicos nem sempre estão disponíveis em tempo integral, por isso a importância do material impresso, que permitirá a você ter acesso ao conhecimento independentemente de possuir a sua disposição as tecnologias de informática e comunicação.

Aliado às atividades presenciais e às atividades a distância, o material impresso irá, também, apoiá-lo na realização das atividades de estudos, estimulando-o a participar de forma mais ativa em seu processo de ensino-aprendizagem, construindo progressivamente o conhecimento de maneira interativa. Assim, o professor deixa de ser a única fonte de informação. O distanciamento físico não será impedimento para o processo de cooperação e interação entre você e o professor. O educador criará oportunidades para que você participe de forma ativa durante seu processo de aprendizagem. Dessa maneira, você será parte essencial na construção de seu próprio conhecimento.

O material foi elaborado visando à formação de Técnicos em Informática, segundo os parâmetros do Catálogo Nacional de Cursos Técnicos. O profissional formado deverá ter qualificação para atender à demanda regional em consonância com as tendências tecnológicas. Além disso, deve estar ancorado em um conhecimento científico-tecnológico, de relacionamento interpessoal e comunicação oral. Deve também ter pensamento crítico e racional,

capacidade para resolver problemas de ordem técnica, capacidade criativa e inovadora, capacidade de gestão e visão estratégica. Essa base lhe tornará competitivo no mercado de trabalho.

Mas isso somente não é suficiente. Você deve demonstrar: honestidade, responsabilidade, adaptabilidade, capacidade de planejamento, ser ágil e ter capacidade de decisão. Além de ser possuidor de um espírito crítico, uma formação tecnológica generalista e uma cultura geral sólida e consistente.

Foi pensando nessa formação que equipes de professores da rede pública federal de educação elaboraram seu material. Professores que atuam tanto no ensino médio quanto no ensino superior. Todos profissionais conceituados em suas respectivas áreas de atuação. O objetivo desses profissionais é auxiliar você em sua formação profissional.

Tanto os recursos didáticos pedagógicos, quanto os profissionais envolvidos fazem parte do projeto Escola Técnica Aberta do Brasil, e-Tec Brasil. Um projeto que estabelece parceria entre Instituições de Ensino Público Federal, no papel de formadores, e município, ou Estado, que disponibilizam os pólos que receberão os cursos oferecidos na modalidade de EaD.

Mas lembre-se: simplesmente ter acesso aos recursos didáticos e tecnológicos, além de ter a disposição uma equipe especializada de profissionais, não é suficiente. É necessário que esse material seja utilizado intensamente, de forma a tornar-se fonte de conhecimento que lhe auxiliará em todos os momentos de sua formação.

Cientes de que esse também é o seu desejo, a equipe do e-Tec Brasil deseja a todos ótimo processo de aprendizagem.

Atenciosamente,

Equipe de formadores do curso de Informática da
Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

e-Tec Brasil
Escola Técnica Aberta do Brasil

ISBN: 978-85-61819-78-1